V·D·I

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS

BAND 69
NEUNUNDSECHZIGSTER JAHRGANG

1925

MIT
RUND 3600
ABBILDUNGEN IM TEXT
7 TAFELN UND 6 TEXTBLÄTTERN

INHALT DER FORSCHUNGSARBEITEN, HEFT 268 BIS 278
AUSZUG AUS DEM INHALT DER VDI-NACHRICHTEN

VDI-VERLAG G.M.B.H. ∙ BERLIN SW 19

Namenverzeichnis

(* = Abbildung im Text; A = Aufsatz; B = Buchbesprechung; Z = Zuschrift oder Berichtigung.)

Band I: Seite 1 bis 888; Band II: Seite 889 bis 1650.

Sachverzeichnis

(* = Abbildung im Text; A — Aufsatz; B = Buchbesprechung; Z = Zuschrift oder Berichtigung.)

Band I: Seite 1 bis 888; Band II: Seite 889 bis 1650.

Tafelverzeichnis

Textblattverzeichnis

Inhalt der im Jahre 1925 herausgegebenen

Forschungsarbeiten

VDI-Nachrichten

Aus dem Inhalt des Jahrganges 1925

In Anbetracht der großen Zahl der einzelnen Beiträge und Mitteilungen in den VDI-Nachrichten kann im Nachstehenden nur ein Teil der Beiträge nachgewiesen werden.

* bedeutet Abbildung im Text. Beil. bedeutet Aufsatz in einer Fachbeilage.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 4. JULI 1925 NR. 27

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 916.

Die Städteheizung.

Von H. Schilling, Barmen.

Vorgetragen am 24. März 1925 in der Wärmetagung der Technisch-Wissenschaftlichen Vereine Kölns[1]).

Aus der Geschichte amerikanischer und deutscher Fernheizanlagen — Ausführung von Heizwerken — Betriebserfahrungen.

Bei den Anlagen zur Beheizung von Fabrikbetrieben, Krankenhäusern, Botanischen Gärten usw. werden räumlich getrennte Baulichkeiten vielfach zentral mit Wärme versorgt. Daneben sind bei uns in den letzten Jahren Anlagen ähnlicher Art entstanden, die jedoch an jeden beliebigen Hauseigentümer Wärme verkaufen. Um diese beiden, in der Betriebführung recht verschieden gestalteten Heizwerkformen grundsätzlich zu unterscheiden, sollen im folgenden die ersten nach wie vor als „Fernheizwerke", die letzteren zum Unterschied hiervon als „Städteheizwerke" bezeichnet werden.

Geschichtliches.

In Amerika finden wir vorwiegend Städteheizungen, während Fernheizwerke, also Anlagen, die gleichzeitig mehrere Gebäude gleichen Charakters mit Wärme versorgen, in der Minderzahl sind. Bereits im Jahre 1878 entstand in dem amerikanischen Städtchen Lockport, welches damals 20 000 Einwohner zählte, ein Heizwerk für 14 Wärmebezieher. Der glückliche Anfang regte zu weiteren Unternehmungen dieser Art an; im Jahre 1911 waren bereits annähernd 100 Städteheizanlagen in den Vereinigten Staaten vorhanden.

Eine Rundfrage der „United States Survey" in demselben Jahre ergab, daß von 57 Zentralen, die geantwortet hatten, 17 als reine Wasserheizungen, 40 Werke dagegen für Dampf und Warmwasser, d. h. als gemischte Fernheizanlage eingerichtet waren. Die 40 Dampfheizwerke hatten ein Durchschnittsalter von elf, die Wasserheizwerke von sechs Jahren. 42 Anlagen waren einem Elektrizitätswerk angegliedert, während die übrigen 15 Werke Dampf nur zu Kraft- oder zu Heizzwecken erzeugten. Die am weitesten entfernte Verbrauchstelle lag 3,6 km ab, während die durchschnittliche Entfernung von der Zentrale nur 1,4 km betrug. Das ausgedehnteste Rohrnetz besaß damals ein Werk in New York mit 17,8 km Länge in den Straßenzügen. Diese Anlage stellt auch heute noch eine der größten Fernheizunternehmungen dar; schon damals war die Zentrale in der Lage, 100 Mill. kcal/h an die Wärmeverbraucher abzugeben; der Dampf wurde in Rohren von 600 mm l. W. fortgeleitet. Die Drücke in den Rohrleitungen waren bei den einzelnen Werken sehr verschieden und schwankten zwischen 0,15 und 7 at. Beachtenswert sind die Bemühungen um eine Herabsetzung der Wärmeverluste in den Rohrleitungen. Man isolierte mit Asbest, Gaskoks, gemahlenem Kalk, Kork, Holzasche, Sägespänen, Papier, Holzkohle, karbonisierter Magnesia, Strohseilen, Mineralwolle, Haar- oder Wollfilz, Gänsefedern, losem Lampenruß, loser Wolle, Zinn und Holz. Als ganz besonders wirkungsvoll galt eine Isolierung, bei der das Rohr mit Plattenasbest umhüllt wurde; um diese Hülle herum wurde eine Luftschicht geschaffen, die wiederum von einem Zinnmantel und von Holzschalen umgeben war.

In Deutschland sind die ersten Fernheizwerke in den 90er Jahren entstanden. Zu den ersten Werken zählten der sächsische Staatsbahnhof in Dresden, das Irrenasyl in St. Jürgen, die Tierärztliche Hochschule in Hannover, das Reichstagsgebäude zu Berlin, das Bad Elster, das

[1]) s. a. S. 899 u. Nr. 16 S. 492.

Abb. 1. Dampffernheizwerk der Stadt Barmen.

Abb. 2. Heizdampffernleitung im Mühlengraben zu Barmen.

Bürgerspital in Mühlhausen und einige andre. Im Jahre 1900 wurde in Dresden ein kleines Heizwerk gebaut, das man als erste deutsche Städteheizung ansprechen kann. Leider baute man diese Anlage — da bis dahin in Deutschland Erfahrungen nicht vorlagen — viel zu vorsichtig und daher zu teuer; ihre wirtschaftlichen Ergebnisse waren für die Weiterentwicklung der Städteheizung wenig ermutigend. Bis 1921/22, wo fast gleichzeitig Städteheizwerke in Neukölln, Kiel, Hamburg und Barmen erbaut und in Betrieb genommen wurden, sind dann auch Pläne für Städteheizungen aus den vorbereitenden Erwägungen nicht hinausgekommen. Inzwischen haben die genannten Werke reiche Erfahrungen gesammelt und gezeigt, daß sie gewinnbringend zu arbeiten vermögen. Von den weiteren Anlagen, die an vielen andern Orten zurzeit geplant werden, dürften jedoch nur wenige zur Ausführung kommen, da die Wirtschaftlichkeit solcher Unternehmungen nur für die Hauptgeschäftsbezirke unsrer Großstädte, dort also, wo Großabnehmer eng beieinander wohnen, nicht aber in Kleinstädten oder gar Dörfern gewährleistet ist.

Ausführung von Heizwerken.

Neben den Dampfheizwerken, Abb. 1, gibt es Anlagen, deren Wärmeträger Warmwasser ist; aus rein städtebaulichen Gründen heraus wird aber das Dampfheizwerk in Deutschland für absehbare Zeit den Vorzug genießen, da nur dies den verschiedenen, bei uns noch nebeneinander bestehenden Heizsystemen Rechnung tragen kann. Warmwasser-Fernheizungen werden dagegen in Zukunft hauptsächlich dort erstehen, wo ähnlich wie in Amerika in einer kurzen Zeitspanne neue Stadtteile geschaffen werden oder wo, wie neuerdings in Schwerin, Kühlwasser von Dieselmotoren zu sehr niedrigem Preise für Heizzwecke zur Verfügung steht.

Die Frage, ob Frischdampf- oder Abdampfheizwerken aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus der Vorzug zu geben sei, kann nur von Fall zu Fall entschieden werden; eine ausschlaggebende Rolle spielt hierbei der Preis, zu dem das Kraftwerk mit Abdampfverwertung den elektrischen Strom absetzen kann. Daß Frischdampfheizwerke sich besonders dort, wo die Überbrückung größerer Entfernungen in Frage kommt, tatsächlich wirtschaftlich gestalten lassen, hat das Barmer Fernheizwerk erwiesen, das schon vier Jahre im Betrieb ist. Ferner dürfte auch das Urteil amerikanischer Fachmänner nicht von der Hand zu weisen sein, die sich mit dem Bau und dem Betrieb von Städteheizungen schon viel länger als wir befassen; so schrieb Direktor L. E. Young von den Heiz- und Kraftwerken in St. Louis in der Zeitschrift „The Heating and Ventilating Magazine" vom November 1924 an einer Stelle ungefähr folgendes: „Unter den amerikanischen Sachverständigen herrscht Einhelligkeit darüber, daß es am zweckmäßigsten ist, für Fernheizwerke Hochdruckdampf zu verwenden, und zwar unabhängig und gesondert von dem Betrieb und der Erzeugung elektrischer Energie."

Dampfheizwerke.

Als Wärmeerzeuger dienen bei Dampfheizwerken Hochdruckdampfkessel. Der im Kessel erzeugte Hochdruckdampf kann entweder unmittelbar in das Fernleitungsnetz geführt werden, oder man leitet ihn zuvor durch Dampfmaschinen oder Dampfturbinen, um gleichzeitig elektrischen Strom zu erzeugen. Der für Heizzwecke zu verwendende Abdampf oder der Frischdampf, der nach amerikanischem Vorbild als „Straßendampf" bezeichnet werden soll, gelangt vor dem Verlassen des Heizwerkes in einen Dampfverteiler, an den die in verschiedenen Richtungen verlaufenden Leitungen des Fernheiznetzes, durch Ventile abstellbar, angeschlossen werden. Vor dem Verteiler ordnet man ein Manometer an, um die Kesselspannung zu erkennen; die einzelnen Straßenleitungen sollen gleichfalls Manometer erhalten, die die Netzspannung der Rohrstrecken anzeigen. Mittels eines Umgehungsventils von ½" kann aus dem Dampfverteiler den einzelnen Straßenleitungen Dampf zur Vorwärmung zugeführt werden.

Die Fernleitungen müssen selbstverständlich aus bestem Rohrmaterial gebaut und soweit wie irgend möglich geschweißt sein. Der Dehnung dieser Leitungen tragen Ausgleichstücke Rechnung. Wo man begehbare Kanäle zur Verlegung der Leitungen benutzt, wie z. B. in dem Mühlengraben des Barmer Fernheizwerkes, Abb. 2, wendet man zum Ausgleich der Längenänderung zweckmäßigerweise die bewährten Ausdehnungsbogen an; wo die ungünstigen Platzverhältnisse die Verwendung dieser Bogen verbieten, muß zu andern Ausdehnungstücken gegriffen werden: Ausgleichstopfbüchsen kommen nicht in Frage, weil sie zu leicht tropfen und ein Nachspannen in schlechtbegehbaren Kanälen unmöglich ist. Der Mangel einer alterprobten und für diesen Zweck geeigneten Vorrichtung führte dazu, daß in den letzten Jahren verschiedene Neukonstruktionen von Ausdehnungsstücken auf den Markt gebracht wurden, von denen der Linsenkompensator und der Schlauchkompensator die bekanntesten sind.

Linsenausgleichstücke bestehen im allgemeinen aus mehreren linsenförmig gestalteten und durch Schweißen aneinandergefügten Eisenblechkörpern, die nur wenig elastisch sind. Zudem bilden die einzelnen Linsen Wassersäcke; das Wasser bleibt gewöhnlich im Sommer stehen und gibt zu Oxydierungen und schließlich zum Durchrosten des Ausgleichstückes Anlaß. Über die Schlauchausgleichstücke läßt sich leider wenig sagen, da sie in Deutschland erst seit kurzem auf dem Markt sind; sie bestehen aus einer langen Stopfbüchse ohne feste Abdichtung und aus einem beide Stopfbüchsenteile äußerlich umschließenden und verbindenden Metallschlauch. Die Stopfbüchse hat dabei den Zweck, zu verhindern, daß im Fall eines Schlauchbruches größere Dampfmengen ausströmen können. In Amerika verwendet man die Schlauchausgleicher, wenn auch ohne Stopfbüchse, schon längere Zeit; sie sind dort so durchgebildet, daß jedes Wellental des Schlauches äußerlich von einem zweiteiligen Ring fest umschlossen ist; die Ringe sind dazu bestimmt, den aus dünnem Metall hergestellten Schlauch gegen den von innen auftretenden Druck zu versteifen. Da man bei Hochdruckdampfleitungen die Ausdehnungskörper gewöhnlich in Abständen von 25 bis 40 m anordnet, werden die im Handel vorkommenden Ausgleichstücke so gebaut, daß sie die Längenänderung einer Rohrstrecke von etwa 30 m aufnehmen können. Das etwas mechanische Rohrverlegungsverfahren, auf das die üblichen Dehnungskörper zugeschnitten sind, ist zumindest bei gekrümmter Rohrführung bedenklich, weil ein krummes Rohr praktisch nur auf ganz kurze Strecken geradlinig verläuft, zum größten Teil aber von der Richtung, welche die Rohrführung angibt, abweicht. Dadurch kommen aber oft ganz unzulässige seitliche Beanspruchungen in die Rohrunterstützungen und Aufhängungen, die unter Umständen zum Bruch führen können.

Um den geschilderten Übelstand zu beheben, hat das Barmer Fernheizwerk für die Rohrverlegung eine Ausführung geschaffen, nach der hinter jeder Rohrlänge, d. h.

Abb. 3 und 4. Anordnung von Kleinausgleichstücken für Längenänderungen in Fernheizleitungen nebst druckfester Rohrisolierung als Schutzmantel, wobei der Rohrkanal fortfallen kann.

etwa alle 6 m, ein kleineres Ausgleichstück eingeschaltet wird, das aus einer einfachen Wellenlinse besteht und in feuerverzinktem Stahlblech hergestellt ist, Abb. 3 und 4. Dieser Ausgleicher erhält bei 8 at Dampfspannung einen Schub von etwa 15 mm, während die handelsüblichen Ausführungen 60 bis 80 mm aufnehmen müssen. Die beschriebene Rohrverlegung hat den Vorteil, daß die Ausgleichstücke als Auflager dienen können. Die Rohrbefestigung, die gleichzeitig auf die Rohrdehnung Rücksicht zu nehmen hat, erfolgt, wie bekannt, mit Hilfe von Rollenlagern oder Rohraufhängungen.

Von nicht geringer Wichtigkeit für die Wirtschaftlichkeit eines Heizwerkes ist die Isolierung der Fernleitung, wobei Preis und Isolationswirkung sorgsam gegeneinander abzuwägen sind.

Die fertig isolierten Rohre werden in begehbaren oder unbegehbaren Kanälen verlegt. Begehbare Kanäle wird man im allgemeinen nur dort benutzen, wo sie, wie in Barmen, bereits vorhanden sind, s. Abb. 2. In der Hauptsache werden die Rohre jedoch in unbegehbaren Kanälen verlegt; diese werden, wie Abb. 5 und 6 zeigen, meist in Beton nach einem U-förmigen Profil hergestellt und mittels eines Betondeckels, gegebenenfalls mit Eiseneinlagen, abgedeckt. Da nun das Anlagekapital des Heizwerkes und damit sein wirtschaftliches Gedeihen nicht zuletzt von der Höhe der Kanalkosten mit abhängt, so hat man in den letzten Jahren nach andern und billigeren Ausführungsformen für die Kanäle gesucht. Das Barmer Fernheizwerk hat daher ein Profil nach Abb. 7 verwendet. Nach dem Erdaushub wurde hier zunächst eine Betonsohle hergestellt, die nach Verlegung der Rohre mit einem U-förmigen Deckel zum Schutz der Dampfleitung und einem flachen Stein für die Kondensationswasserleitung bedeckt wurde. Die jüngsten Bestrebungen gehen jedoch dahin, wie Abb. 3 und 4 erkennen lassen, druckfeste Rohrisolierungen mit einem gewissermaßen als Kanal dienenden Schutzmantel zu einem Ganzen zu vereinigen, und so die Kanalkosten auf ein Mindestmaß herabzudrücken. Diese Ausführungsform ist allerdings an die Verwendung der vorher beschriebenen elastischen Rohrleitung mit den etwa alle 6 m eingeschalteten Kleinausgleichstücken gebunden.

Mittels der Fernleitungen wird der Dampf dann den Wärmeverbrauchstellen zugeleitet. Als solche gelten im Rahmen eines Städteheizwerkes Dampfheizanlagen, Warmwasserheizungen und Luftheizungen; die letzteren können mit Dampf oder Warmwasser betrieben werden, wobei der durch einen Ventilator erzeugte Luftstrom die Wärme den Verbrauchern zuführt. Schließlich kommen auch Industriebetriebe verschiedenster Art als Wärmeverbraucher in Frage. Da die meisten Abnehmer jedoch Dampf- oder Warmwasserheizungen besitzen, so möchte ich wenigstens die Anschlüsse hierfür noch kurz beschreiben: Der in das Gebäude eintretende Dampf ist zunächst gut zu entwässern. Eine eigenartige Rohrschaltung wurde für diesen Zweck in Barmen benutzt,

Abb. 7. Querschnitt durch einen nach verbilligtem Verfahren hergestellten unbegehbaren Kanal nebst Fernheiz- und Kondensationswasserleitung.

Abb. 5 und 6. Quer- und Längsschnitt durch einen unbegehbaren Kanal, in dem die Fernheizleitung nebst Kondensationswasserleitung verlegt ist.

Abb. 8. Das entstehende Kondensat wird hinter dem Kondenstopf entweder in den Dampfschenkel des Standrohres oder unmittelbar in die Niederdruckdampfleitung eingeführt, so daß die bei der Nachverdampfung des Hochdruckkondensats notgedrungen entstehenden Schwaden in der Heizanlage wiederum nutzbar verwertet werden. Bei Ausbesserarbeiten wird die Gebäudeheizung durch ein Hauptabsperrventil von der Straßenleitung abgesperrt. Nach dem Durchgang durch das Absperrorgan wird der Straßendampf mit Hilfe eines Druckminderventils bei Dampfheizungen meist auf 0,1 at, bei Warmwasserheizungen gewöhnlich auf 0,5 at entspannt. Um die Netzspannung auch an der Verbrauchstelle zu erkennen, ordnet man zwischen Absperr- und Druckminderventil ein Hochdruckmanometer außer einem Niederdruckmanometer hinter dem Druckminderventil an. Während beim Anschluß einer Niederdruckdampfheizung der dem Druckminderventil entströmende Dampf unmittelbar der Hausanlage zugeführt wird, vermittelt bei Warmwasserheizungen ein Wärmeaustauschapparat, meistens ein Gegenstromapparat, die Wärmeübertragung an die Gebäudeheizung.

Wenn irgend möglich, läßt man das in den Verbrauchstellen anfallende *Kondensat* unmittelbar zum Heizwerk zurückfließen; hierzu ist selbstverständlich ein gewisses Gefälle notwendig, das aber erfahrungsgemäß nur selten vorhanden ist; meist liegen nämlich die angeschlossenen Gebäude tiefer als das Kondenswasser-Sammelgefäß in der Kesselanlage. In diesem Falle sammelt man das Kondensat mehrerer Verbrauchstellen in einem gemeinsamen Kondenswassergefäß, von dem aus es dann mechanisch zum Heizwerk zurückbefördert wird. Als Rückspeiseeinrichtungen verwendet man allgemein durch einen Schwimmerschalter anstellbare, elektrisch betriebene Kreiselpumpen; seltener kommen Dampfrückspeiseapparate bekannter Ausführung in Frage.

Der Wärmeverbrauch der einzelnen Gebäude wird gewöhnlich durch Messung des Kondenswassers festgestellt. Diesem Verfahren muß deshalb der Vorzug gegeben werden, weil die im Handel vorkommenden Kondenswassermesser — als mehrkammerige Kippwassermesser gebaut, die äußerlich den Gasuhren ähneln — eine *fortlaufende Zählung* der verbrauchten Wärmemengen ähnlich wie bei Gas, Elektrizität und Wasser gestatten, während die bisher erhältlichen Dampfmesser, da sie kein Zählwerk, sondern nur ein Schreibwerk haben, zur Ermittlung der abgegebenen Dampfmenge das Planimetrieren eines Diagrammes notwendig machen. Eine solche Arbeit aber ist im Betrieb eines Städteheizwerkes, wo es sich selbstverständlich um die fortlaufende Auswertung nicht nur eines, sondern zahlreicher Diagramme handelt, viel zu umständlich, zumal das mindestens wöchentliche Aufziehen neuer Diagrammstreifen noch hinzukommt. Anderseits gibt es Fälle, in denen die erwähnten Kondenswassermesser nicht anwendbar sind, da ihr Einbau erstens einen gewissen Höhenunterschied in der Kondensleitung erfordert, den leider die Kondensatrückführung nicht immer zuläßt, anderseits aber beim Anschluß von Industriebetrieben vielfach Kondensat verloren geht. In der Barmer Anlage findet daher ein hier selbst konstruierter Dampfzähler Verwendung, der ohne weiteres die Ablesung des Wärmeverbrauchs in Tonnen Dampf oder in Wärmeeinheiten selbst bei Verwendung von überhitztem Dampf gestattet.

Abb. 8. Rohrschaltung eines Hausanschlusses (Dampfheizanlage) beim Barmer Heizwerk.

Warmwasserheizwerke.

In Warmwasserheizwerken kann die Wärme unmittelbar in Kesseln erzeugt werden, wie teilweise in Amerika, oder es können beliebige Abwärmeverwertungs-Einrichtungen als Wärmeerzeuger dienen; natürlich lassen sich auch beide Verfahren miteinander verbinden; als Schulbeispiel dieser Art ist das Städteheizwerk in Schwerin anzusprechen. Dort wird das Kühlwasser aus den Zylindermänteln und Zylinderdeckeln von Dieselmotoren dazu verwendet, um ein Heizwerk, das eine größte Wärmeleistung von rd. 2 Mill. kcal/h hat, zu betreiben. Der Aufbau dieser Anlage ist etwas verwickelt, aber recht lehrreich. Auch in Schwerin muß bei niedrigen Außentemperaturen Zusatzwärme erzeugt werden. Man benutzt zu diesem Zweck die Auspuffgase der Dieselmotoren; soweit dies nicht genügt, wird die Vorlauftemperatur des verwendeten Kühlwassers in koksgefeuerten gußeisernen Gliederkesseln weiter erhöht. Zum Ausgleich der Heizwerk- und der Kraftwerkspitzen dienen ferner zwei Wärmespeicher von je 100 m³ Inhalt, die während der Abend- und Nachtstunden aufgeheizt und in den Morgenstunden in das Fernheiznetz eingeschaltet werden. Die Kühlwassertemperaturen müssen stets ein bestimmtes Wärmegefälle aufweisen, da andernfalls unzulässige Materialspannungen in den Maschinen auftreten können. Weil aber bei hoher Außentemperatur die Temperaturunterschiede zwischen Vor- und Rücklauf meist sehr gering sind, mußte daher noch eine besondere Kühlvorrichtung eingebaut werden. Die Anlage ist, wie jede normale Pumpen-Warmwasserheizung, wenn auch mit zwei hintereinander geschalteten Umwälzpumpen ausgeführt; das warme Wasser wird in gut isolierten Fernleitungen fortgeleitet, die ihrerseits beweglich in Kanälen verlegt sind. Die Wärmeverbrauch- und Anschlußstellen solcher Wasserheizwerke sind natürlich einfacher als die der Dampfheizwerke, da hier außer einem zwischen Vor- und Rücklauf anzuordnenden Kurzschlußrohr lediglich Absperrorgane in die örtliche Vor- und Rücklaufleitung für Ausbesserungen und ein Thermometer in die Vorlaufleitung einzubauen sind. Zuverlässige Meßeinrichtungen, die das Ablesen der im Gebäude verbrauchten Wärmemengen gestatten, sind im Handel bisher nicht zu haben gewesen; jedoch befindet sich ein derartiges Gerät zurzeit in Barmen ebenfalls im Bau.

Betriebstechnische Erfahrungen.

Ein Häuserblock mit einem Anschlußwert von 1 Mill. kcal/h braucht im Jahresdurchschnitt rd. 2500 t Dampf, so daß ein Werk von etwa 20 Mill. kcal/h größter Leistung rd. 50 000 t Dampf jährlich verkaufen würde. Rechnet man noch 5 bis 10 vH, im obigen Fall also rd. 4000 t Dampf an Fernleitungsverlusten, rd. 4 vH oder 2000 t für den Betrieb der Kesselspeisepumpe hinzu, dann beträgt die gesamte *Jahreserzeugung* des gedachten Werkes 56 000 t Dampf. Unter Berücksichtigung der Kesselleistungen und der Unkosten für Kohlen, Löhne und Verwaltung, ferner für Unterhaltung, Abschreibung und Verzinsung sowie Steuern kann man eine ziemlich sichere

Wirtschaftlichkeitsaufstellung für ein etwa zu erbauendes Werk machen. Gewisse Betriebserfahrungen dürfen natürlich nicht außer Acht gelassen werden; die richtige Auswahl der Abnehmer und die richtige Anpassung der Betriebszeiten an die Außentemperaturen sind besonders wichtig.

Die Abnehmer werden in Barmen in drei Gruppen eingeteilt und hiernach bewertet, nämlich in gute, mittelmäßige und schlechte Verbraucher; in die erste Gruppe fallen die Gebäude, die einen gleichmäßigen Wärmebedarf von morgens bis abends, an Wochen- und Feiertagen haben. Zur zweiten Gruppe gehören Geschäftshäuser, die am Abend sowie an Sonn- und Feiertagen nicht geheizt werden. Für ein Fernheizwerk am ungünstigsten sind aber Schulen oder andre Gebäude, die nur am Vormittag Wärme verbrauchen. Diesen Schulen gegenüber kann jedoch dadurch ein Ausgleich geschaffen werden, daß man Theater oder Vergnügungslokale anschließt, deren Betrieb in die Abendstunden fällt. Hat man Gebäude der dritten Gruppe angeschlossen, so dürfen sie bei der Belastungsberechnung des Werkes höchstens mit ⅔ ihres größten Wärmebedarfes in Ansatz gebracht werden.

Die Betriebzeiten müssen so gelegt werden, daß möglichst wenig Verluste in den Fernleitungen auftreten. Erfahrungsgemäß genügt es bei einer Außentemperatur von mehr als 10 °C, um 6 Uhr morgens gemessen, wenn der Dampf von 7 Uhr morgens bis 9 Uhr abends im Netz steht; man kann in diesem Falle sogar bei günstiger Witterung mittags das Netz für einige Stunden absperren. Natürlich darf diese Unterbrechungszeit nicht so bemessen sein, daß die Niederschlagverluste in der Fernleitung den durch die Unterbrechung erzielten Gewinn wiederum aufwiegen. Bei einer Außentemperatur von 0 bis + 10 °C muß der Dampf von 6 Uhr morgens bis 11 Uhr abends ohne Betriebsunterbrechung abgegeben werden und bei Temperaturen von 0 bis — 10 ° von 5 Uhr morgens bis 12 Uhr nachts. Bei noch tieferen Temperaturen wird durchgehender Betrieb notwendig.

Die Bezahlung, die der Verbraucher für gelieferte Wärme leistet ist bei allen zurzeit bestehenden Städteheizwerken zu bemessen, daß er nicht mehr zahlt, als wenn er sich die Wärme im örtlichen Kessel mittels Koks herstellen würde. Er hat den Vorteil, daß er kein Bedienungspersonal braucht, daß er ferner keine Kohlen einzukaufen hat, daß Aschen- und Schlackenbeseitigung fortfallen und daß er Platz in seinen Kellerräumen gewinnt. Während Barmen die gelieferte Wärme nach Tonnen Dampf berechnet, zählen die Werke in Hamburg und Kiel und anscheinend auch das Werk in Braunschweig den Wärmeverbrauch nach Kilogrammkalorien. Heute kostet in Barmen bei einem Kohlenpreis von 22,78 ℳ/t und bei 0,78 ℳ/h Heizerlohn der Dampf 7,40 ℳ/t.

Die Heizwerke bilden ein wichtiges Glied bei der Bekämpfung der Rauch- und Rußplage in den Mittelpunkten unsrer Großstädte und schaffen den Verbrauchern nicht zu unterschätzende persönliche Erleichterungen und Annehmlichkeiten. [B 348]

Neuzeitliche Herstellverfahren.

In der gelegentlich der 64. Hauptversammlung des V. d. I. unter dem Vorsitz von Dr.-Ing. eh. Koettgen, Berlin, am 9. Mai 1925 abgehaltenen Fachsitzung über „Neuzeitliche Herstellungsverfahren (Fließende Fertigung)" sprachen Dir. Schmerse, Nürnberg, über „Verkehrs- und Arbeitsbeschleunigung in den Vereinigten Staaten" und Prof. Sachsenberg, Dresden, über „Psychologie der Arbeit am Band". Auszüge aus diesen Vorträgen haben wir bereits in Heft 19 S. 658 veröffentlicht.

Aus der lebhaften Besprechung seien vor allem die Ausführungen von Dr.-Ing. Bosch, Stuttgart[1]), hervorgehoben; aus seiner weit zurückreichenden Kenntnis der Vereinigten Staaten, die er seit 40 Jahren immer wieder besucht hat, wies er darauf hin, daß die dortigen Verhältnisse von den unsrigen weit verschieden sind, und er zeigte, was wir von dort lernen und inwiefern wir die amerikanische Arbeitsweise nicht zum Vorbild nehmen können.

Er ging von der völlig anders gearteten Einstellung des Menschen zum Menschen aus, die er drüben angetroffen hat, insbesondre vom Verhältnis zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer, die nach seiner Ansicht dort viel mehr als bei uns am gleichen Strange ziehen. Die Ursache hiervon sei nicht nur das Verhalten der Arbeitnehmer, sondern vor allen Dingen auch dasjenige der Arbeitgeber, die dort niemals, wie wir, auf Drängen der Arbeitnehmer, eine solche starke Ausgleichung der Löhne zugelassen hätten. Allerdings finde auch der amerikanische Arbeiter seinen Stolz darin, größte Leistungsfähigkeit zu beweisen und sehe nichts Erniedrigendes darin, daß er in dieser Beziehung überwacht werde.

Dem großen Fortschritt auf dem Gebiete der Normung, vor allem aber der Typisierung in Amerika können wir in Europa zurzeit noch nichts auch nur annähernd gleich Bedeutungsvolles gegenüberstellen. Wenn schon vor mehr als 30 Jahren kein Geringerer als Werner v. Siemens auf die Notwendigkeit der wirtschaftlichen Zusammenfassung in den „Vereinigten Staaten von Europa" gegenüber denjenigen von Amerika hingewiesen hat, so sei trotz aller guter Vorsätze und Anfänge doch auf diesem Gebiete noch außerordentlich wenig geschehen. Immer noch konstruiert man, trotz aller Arbeiten des Normenausschusses der Deutschen Industrie, von allem Ursprung an, als ob es bereits genormte Zubehörteile gar nicht gäbe und als ob es nicht möglich sei, daß ein andrer als das eigene Werk diese Zubehörteile besser und billiger anfertigen könne.

Wenn man im allgemeinen glaube, daß die Bosch A.-G. eine kennzeichnende Massenerzeugung betreibe, so befinde man sich in einem großen Irrtum. Noch heute sei es viel leichter möglich, Grundplatten für die bekannten Bosch-Zünder mit metrischem Gewinde, das von der Norm der Amerikaner abweicht, nach drüben zu liefern, als sie hier in Deutschland zu vertreiben, wo das metrische Gewinde amtlich die Norm des Kraftfahrbaues sei. Noch immer sei es fast unmöglich, daß eine Fabrik ihren Jahresbedarf auf einmal bestelle. Aber selbst, wenn dies erreicht würde, so wäre damit zunächst nur wenig gewonnen, so lange die vielen verschiedenen Typen verlangt würden. So könne man sicher statt mit 44 Grundtypen von Zündapparaten mit 6 bis 8 auskommen; statt der 271 verschiedenen Ausführungen von Ankern würden vielleicht 12 bis 15 genügen. Und wenn es auch gelungen sei, die etwa 700 verschiedenen Verstellhebel heute auf vielleicht 300 zu verringern, so reiche das noch nicht annähernd aus, wenn 30 den Anforderungen sicher genügen könnten. Währen die Zündmagnete in den Vereinigten Staaten nur einheitliche Drehrichtung haben, verlangt man in Deutschland und im übrigen Europa unbedingt Magnete für Links- und Rechtslauf.

Solcher Beispiele könne man noch viele beibringen; sie aber seien Schud daran, daß an Massenfertigung im amerikanischen Sinne bei uns vorläufig nicht gedacht werden könne. So könnten denn auch die Bilder aus der Fabrikation der Bosch A.-G., die bei dieser Gelegenheit gezeigt würden, nur darlegen, daß es dort eine fließende Fertigung im Fordschen Sinne nicht gebe, obgleich gerade die Bosch-A.-G. dem Außenstehenden zunächst das Musterbeispiel für eine derartige Fabrikation scheine. Der Redner legte den Anwesenden besonders ans Herz, sich in der Konstruktion zu beschränken und bewährte Ausführungen von anderen zu übernehmen.

Im Anschluß an diese mit lebhaftem Beifall aufgenommenen Ausführungen erläuterte Dir. Durst das Gesagte an der Hand von Lichtbildern. Sie zeigten die verschiedenen Entwicklungsstufen innerhalb der Fabrik und den Unterschied der früheren Art der Fabrikation mit Zentralwerkstätten für bestimmte Fertigungsarten (Dreherei, Fräserei, Bohrerei usw.) gegenüber der Fließarbeit, wobei das Werkstück in einer Werkstätte von Anfang bis zu Ende völlig fertiggestellt wird. Von besonderem Wert waren dabei die Angaben über die Verkürzung der Umlaufzeit einzelner Teile, teilweise auf ⅛ und 1/10 der früheren. In Verbindung damit stehe die Lohnersparnis, in einem Falle z. B. 25 vH, und vor allem die Platzersparnis, in einem Falle bis zu 60 vH. Gerade der schrittweise vollzogene Übergang zur Fließarbeit bei der Bosch-A.-G. trat hier deutlich vor Augen.

Dir. Mäckbach, Berlin, bestätigt aus seinen reichen Erfahrungen in Amerika heraus die Ausführungen der Vortragenden; es sei wichtig, sich weniger mit den einzelnen Leistungen der Amerikaner zu beschäftigen, als in ihre ganze geistige Einstellung einzudringen und Gemeinschaftsarbeit in ihrem Geiste, aber in einer unseren deutschen Verhältnissen angepaßten Form zu leisten. Solche nochmalige wirtschaftliche Umstellung könne allein vor einem vollständigen Zusammenbruch der deutschen Industrie bewahren. Dr.-Ing. Schmidt, Darmstadt, ging insbesondere auf die mit Einführung der Fließarbeit verbundenen kaufmännischen Fragen ein und Hultzsch, Dresden, berichtete aus seinen Erfahrungen als Arbeiter in den Fordwerken Anschauliches. [N 660]

[1]) Ausführlicher wird hierüber die Zeitschrift „Maschinenbau" berichten.

Das Dampfkesselwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Von Friedrich Münzinger, Berlin.

Vorgetragen in der Fachsitzung „Dampfkesselwesen" der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg 1925.

(Fortsetzung von S. 844.)

b) Personalbedarf und Betriebskosten.

Bedienungskosten. 13 amerikanische Werke machten mir Angaben über Mannschaftsbedarf und andere wichtige Betriebsergebnisse, von fünf deutschen, in den Jahren 1910 bis 1914 erbauten, erhielt ich später die entsprechenden Werte. Selbstverständlich dürfen Schlüsse aus einer solchen statistischen Zusammenstellung schon deshalb nur mit Vorsicht gezogen werden, weil die Zahl der befragten Werke nicht groß ist. Die ermittelten Werte sind aber trotzdem sehr aufschlußreich, weil sie deutlich den arbeitsparenden Einfluß großer Kesselheizflächen, weitgehender Mechanisierung und neuzeitlicher Betriebsmethoden zeigen. Der spezifische Mannschaftsbedarf ist in den großen amerikanischen Kesselhäusern um so viel niedriger, daß der weiter unten angestellte Vergleich seine grundsätzliche Bedeutung auch dann behalten würde, wenn die Vergleichsgrundlagen nicht in beiden Fällen völlig dieselben sein sollten. Es ist zu hoffen, daß folgende Mitteilungen Anlaß zu weiteren, umfangreicheren Veröffentlichungen geben und die Aufmerksamkeit recht vieler Werke und Betriebsleiter auf ihren Nutzen lenken. Bei der Kürze meines Aufenthaltes in den Vereinigten Staaten war es mir leider nicht möglich, überall gleich vollständige Angaben zu sammeln. In Zahlentafel 6 ist daher stets die Zahl der Werke, die über den betreffenden Punkt Angaben machten, genannt. Ferner ist stets der Mittelwert und der höchste und niedrigste Wert angegeben.

Die Betriebsführung in amerikanischen Kesselhäusern ist insofern von der deutschen verschieden, als die Heizer (häufig operator genannt) meist nur die Feuerführung überwachen, das Schmieren der Roste und andere untergeordnete Arbeiten aber Hilfskräften (oiler, helper usw.) überlassen. Obgleich fast alle Kessel selbsttätige Speiseregler haben, deren vorzügliches Arbeiten sehr gelobt wird, sind öfters besondere Leute zur Überwachung der Wasserstände angestellt. In einigen Werken bedienen endlich besondere Arbeiter die eingebauten Rußabbläser, und die meisten großen Anlagen haben Kesselhausingenieure.

Da die Stundenlöhne in Amerika ein Mehrfaches der deutschen sind, ergäbe sich ein falsches Bild von den spezifischen Bedienungskosten, wenn man einfach die beiderseitigen Ausgaben für Löhne einander gegenüberstellte. Die spezifischen Bedienungskosten wurden deshalb unter Berücksichtigung der verschiedenen Stundenlöhne der einzelnen Arbeiterkategorien dadurch ermittelt, daß in beiden

Zahlentafel 6. Betriebsergebnisse aus amerikanischen und deutschen Dampfkraftwerken.

	Amerika				Deutsche Löhne in vH der amerikanischen	Deutschland			
	Zahl der befragten Werke	Gesamtkesselheizfläche eines Werkes im Mittel m²	Durchschnittsheizfläche eines Kessels in den befragten Werken m²	Stündl. Lohnausgabe für 1000 m² Kesselheizfläche ₰/h	vH	Stündl. Lohnausgabe für 1000 m² Kesselheizfläche ₰/h	Durchschnittsheizfläche eines Kessels in den befragten Werken m²	Gesamtkesselheizfläche eines Werkes im Mittel m²	Zahl der befragten Werke
I. Ausgaben für Löhne:									
a) Meister, Oberheizer, Heizer, Hilfsheizer, Wasserstandwärter	10	— — **24 600**	600[1] 2840 **1305**	41,5 21,2 **28,2**	— — **347**	143,5 48,2 **97,6**	370 560 **490**	— — **5600**	5
b) Aschen- und Schlakkenabfuhr	7	— — **26 500**	975 2830 **1510**	15,5 1,0 **4,4**	— — **470**	29,5 13,5 **20,7**	370 560 **490**	— — **5600**	5
c) Instandhaltungsarbeiten	3	— — **29 000**	1395 2830 **1500**	2,2 0,8 **1,4**	— — —	87,7 11,7 **56,6**	370 560 **490**	— — **5600**	5
d) Rußblasen	3	— — **29 000**	1395 2830 **1930**	8,2 13,3 **10,7**		ist in a) und c) enthalten			5
e) Kesselhausingenieure	6	— — **28 000**	975 2830 **1495**	2,0 6,2 **3,4**		fallen weg			5
f) Gesamtkosten	3	— — **29 000**	1395 1395 **1930**	45,9 47,2 **46,5**	— — **314**	258,1 78,1 **146**	370 560 **490**	— — **5600**	5
II. Zahl der Rohrschäden				auf 10000 Siederohre werden jährlich schadhaft		auf 10000 Siederohre werden jährlich schadhaft			
Auf 10000 Siederohre werden jährlich schadhaft	4	— — **30 000**	975 2190 **1500**	0 5,4 **2,3**	— — —	0 230 **74**	370 560 **490**	— — **5600**	5
III. Gesamt-Mannschaftsbedarf des ganzen Werkes pro Tag bezogen auf 1000 kW Spitzenleistung	Zahl der befragten Werke	Mittlere Kesselheizfläche m²	Spitzenleistung kW	Belegschaft auf 1000 kW Spitzenleistung Mann/1000 kW	Belegschaft in Deutschl. in vH der amerikanischen	Belegschaft auf 1000 kW Spitzenleistung Mann/1000 kW	Spitzenleistung kW	Mittlere Kesselheizfläche m²	Zahl der befragten Werke
	2	1000 1400 **1200**	130 000 175 000 **155 500**	1,75 1,14 **1,45**	— — **234**	4,5 2,5 **3,4**	11 200 40 000 **29 000**	400 560 **520**	4

[1]) Die drei in einer Kolonne übereinander stehenden Werte bedeuten den niedrigsten, den höchsten und den mittleren Wert der befragten Werke. Der mittlere Wert ist durch stärkeren Druck hervorgehoben.

Fällen dieselben, und zwar deutsche Lohnsätze genommen und die gefundenen Gesamtausgaben auf dieselbe Einheit, nämlich 1 Stunde und 1000 m² Kesselheizfläche bezogen wurden. Es wurde mit folgenden Löhnen für den achtstündigen Arbeitstag gerechnet: Meister 7,80 ℳ; Oberheizer 7,20 ℳ; Heizer 6,40 ℳ; Hilfsheizer, Helfer, Schmierer, Wasserstandwärter 5,60 ℳ; Schlosser und Hilfsschlosser 6,00 ℳ; Leute für Aschen- und Schlackenabfuhr 5,20 ℳ. Das Gehalt eines Kesselhausingenieurs wurde mit 6000 ℳ/Jahr, das seines Assistenten mit 4000 ℳ/Jahr angesetzt. Bei diesen Annahmen beträgt der durchschnittliche Stundenlohn aller im Kesselhaus beschäftigten Leute etwa 76 ₰. Die Zahl der stündlich für 1000 m² Kesselheizfläche erforderlichen Leute im Kesselhaus ergibt sich demnach, indem man die auf diese Einheit bezogenen stündlichen Lohnausgaben durch 76 dividiert. In der Wahl der Lohnsätze liegt zwar eine gewisse Willkür, die aber auf das Endergebnis ohne wesentlichen Einfluß bleibt, sobald man sich vergegenwärtigt, daß der durchschnittliche Wert der Arbeitsstunde eines im Kesselhaus beschäftigten Mannes 76 ₰ beträgt. Da die Einteilung der Leute in Amerika anders ist, wurden in Zahlentafel 6 die stündlichen Lohnausgaben für 1000 m² Kesselheizfläche nach folgenden fünf Klassen getrennt:

a) Meister, Oberheizer, Hilfsheizer, Wasserstandwärter, (d. h. die für den unmittelbaren Betrieb der Kessel erforderlichen Leute),
b) Leute für Aschen- und Schlackenabfuhr,
c) Leute für Instandhaltungsarbeiten,
d) Leute für die Bedienung der Rußbläser,
e) Kesselhausingenieure.

In den amerikanischen Ausgaben sind die Löhne für besondere Leute zur Vertretung ihrer Kollegen an einem freien Wochentage bereits enthalten, deutsche Werke scheinen keine solchen Vertreter zu haben. Die Vergleichsrechnung ist daher für Amerika etwas zu ungünstig. Nach Zahlentafel 6 sind die stündlichen Lohnausgaben für Meister, Oberheizer, Heizer, Hilfsheizer und Wasserstandwärter auf 1000 m² Kesselheizfläche in Amerika 28,2 ₰, in Deutschland 97,6 ₰ oder rund 3½ mal höher. Die durchschnittliche Kesselheizfläche beträgt bei den deutschen Werken nur rd. 1/3, die Gesamtheizfläche eines Werkes nur rd. 1/5 der entsprechenden amerikanischen. In Deutschland wie Amerika haben die Werke mit der kleinsten Einzel- und Gesamtkesselheizfläche die größten Lohnkosten, was bestätigt, daß große Kessel weniger Bedienung brauchen als kleine, denn diese Tatsache muß natürlich in beiden Ländern zutreffen. Die Kosten für Instandhaltungsarbeiten lassen sich nicht ohne weiteres miteinander vergleichen, weil bei den deutschen Werken manche Ausgaben unter dieser Rubrik geführt werden, die man in Amerika unter Position a) und b) zählt. Kesselhausingenieure waren in keinem der deutschen Werke angestellt und würden sich bei der Kleinheit der deutschen Anlagen auch kaum bezahlt machen. Für die großen amerikanischen Betriebe sind sie unerläßlich. Den besten Vergleich geben daher die Gesamtlohnkosten für alle im Kesselhaus beschäftigten Leute, die in Deutschland rd. dreimal höher sind. Die für die Kohlenzufuhr angestellten Arbeiter wurden in beiden Fällen außer Acht gelassen, weil ihre Zahl zu sehr von örtlichen Zufälligkeiten abhängt. Wären sie berücksichtigt worden, so hätte sich das Bild voraussichtlich noch mehr zugunsten amerikanischer Betriebe verschoben.

Die Löhne für Aschen- und Schlackenabfuhr verdienen besonderes Interesse, weil sie besonders klar den hohen Mannschaftsbedarf von Kesseln kleiner Heizfläche zeigen. Sie sind in Deutschland rd. 4,7 mal höher als in Amerika. Sie hängen natürlich auch von der örtlichen Lage des Werkes und der Beschaffenheit der Kohle insbesondere ihrem Aschengehalt, ab, d. h. von Einflüssen zufälliger Art, die mit der Kesselanlage als solcher nichts zu tun haben. Aber in mehreren der amerikanischen Werke wurde sehr aschenhaltige Kohle verfeuert. Die deutschen Mehrkosten werden daher nur wenig von ungünstigerer Kohle, im wesentlichen aber von der kleinen Heizfläche und folgender kennzeichnender Eigenschaft kleiner Kessel herrühren: Infolge ihres Aufbaues

Abb. 35. Ausfütterung der eisernen Schlackentrichter eines Kessels.

haben unsre Kessel trotz ihrer Kleinheit im allgemeinen zwei bis vier Aschentrichter unter den Rosten und vielfach noch mindestens weitere vier Trichter unter dem Kessel und dem Ekonomiser. Die Trichter sind fast stets klein und haben kleine, von Hand betätigte Absperrschieber von etwa 0,16 m² lichtem Querschnitt. Um zu letzteren zu gelangen, muß der Aschenwagen, der selten mehr als 500 kg faßt, meist von Längsgleisen über Drehscheiben zu Quergleisen geschoben werden. Die großen amerikanischen Dampferzeuger dagegen haben häufig nur zwei Trichter, die oft den Anfall von 1 bis 2 Tagen fassen, und für alle Kessel einer Reihe über einem einzigen, mit Eisenbahnwagen befahrbaren Gleis liegen. Ihre Verschlußöffnungen haben bis zu 3,5 m² lichten Querschnitt und können mit Druckwasser oder Druckluft in wenigen Sekunden geöffnet und geschlossen werden. Da Asche und Schlacke bereits in den Trichtern abgelöscht werden, leiden die Bedienungsmannschaften beim Entaschen nicht unter übelriechenden Gasen oder Staub, und die ganze Entaschung dauert nur kurze Zeit. Abb. 35 bis 38 zeigen die meist aus Blech oder aus Gußeisenplatten hergestellten und mit einem Steinfutter versehenen Trichter. Die Eisenteile kommen dadurch mit dem Abspritzwasser nicht in Berührung.

Die Asche aus den hoch liegenden Speisewasservorwärmern und aus hochliegenden Kesselzügen wird durch Rohre von 150 bis 200 mm lichter Weite entweder durch den natürlichen Fall oder mit Dampfstrahl oder durch das zum Abspritzen der Vorwärmer benutzte Wasser zu den Haupt-

Abb. 36 und 37. Ausfütterung der eisernen Schlackentrichter eines Kessels.
2 Aufhängeleiste für die Schutzsteine 3 Sicherungsanschläge gegen Herausfallen der Steine.

Abb. 38. Nach Abb. 36 und 37 ausgefütterter Schlackentrichter eines großen mit Unterschubrosten und Schlackenbrechern ausrüsteten Kessels.

1 Unterstützungswangen des Schlackenbrechers *2* Aufhängewinkel für die Steine *3* Sicherungsanschläge für die Steine. (Die linke Seite des Trichters ist noch nicht ausgefüttert).

schlackentrichtern oder zu Spülrinnen im Aschenkeller befördert. Auch hier fällt fast jede Handarbeit weg. Große Kesselheizfläche, hochliegende Vorwärmer, hohe Aschenkeller, sehr große Aschentrichter, Abspritzen im Trichter, mechanische Antriebe der Aschentrichterverschlüsse usw. in ihrer Gesamtheit sind die Ursache des geringen Mannschaftsbedarfes für Kesselbedienung und Abfuhr von Asche und Schlacke in amerikanischen Werken. Die einzige amerikanische Anlage, deren Ausgaben mit 15,5 ℳ/h etwa so hoch wie die unsrigen sind, ist ein älteres Werk mit Kesseln unter 1000 m² und ohne neuzeitliche Abfuhrvorrichtungen.

Ihm steht eines der neuesten Werke mit rd. 19 000 m² gesamter und rd. 2800 m² Einzelkesselheizfläche gegenüber, bei dem ein einziger Mann in einer Schicht die gesamte Abfuhr von Schlacke und Asche besorgt, was durch weitestgehende Ausnutzung aller arbeitsparenden Möglichkeiten erreicht wurde. In neueren amerikanischen Anlagen werden Asche und Schlacke vielfach weggespült. Solche Spülvorrichtungen lassen sich m. E. aber nur dann rationell gestalten, wenn die Trichter aller Kessel einer Reihe in einer oder höchstens zwei Längsebenen des Kesselhauses liegen. Amerikanische Spülvorrichtungen sind einfacher als unsre, die sich m. E. in ihrer jetzigen Form für Großbetriebe der Zukunft schon wegen der Unzahl ihrer Ventile nicht recht eignen. Es muß aber immer wieder darauf hingewiesen werden, daß die Arbeitsersparnis bei mechanischer Aschen- und Schlackenabfuhr nicht nur vom benutzten Abfuhrsystem, sondern auch davon abhängt, ob die Kessel groß und so aufgebaut sind, daß nur an wenigen Stellen abgezogen zu werden braucht. Auffallend sind die im Vergleich mit den übrigen Bedienungsunkosten hohen Ausgaben für das Rußabblasen. Man hält aber gute Rußbläser vielfach für unentbehrlich. Einige Werke haben durch sie die Betriebzeit ihrer Kessel von einer Woche auf über einen Monat und zum Teil noch mehr verlängern können. Sie sind deshalb so wertvoll, weil viele amerikanische Kohlen Ansinterungen an den Wasserrohren und Versetzungen der Heizfläche verursachen, die, wenn sie nicht zeitig und gründlich entfernt werden, bereits nach einigen Tagen solchen Umfang erreichen, daß der Kessel außer Betrieb genommen werden muß. Je kleiner ein Kessel ist, um so mehr fallen auch die Kosten dieser nützlichen, aber etwas kostspieligen Einrichtungen ins Gewicht.

Die Überlegenheit großer Kessel und großer Turbinen zeigt sich endlich noch in den im gesamten Kraftwerk auf 1000 kW Spitzenleistung und Tag erforderlichen Mannschaften, die mit 3,45 Mann in Deutschland mehr als das Doppelte des amerikanischen Wertes von 1,45 Mann ausmachen. Die Amerikaner versuchen durch alle möglichen Mittel Leute zu sparen. Fernanzeigende Instrumente werden mehr und in besserer Ausführung als bei uns benutzt. Außer Fernsprechern haben fast alle Werke zwischen verschiedenen wichtigen Stellen, so z. B. zwischen Maschinenhaus und Kesselhaus, Hauptschaltraum und Betriebsingenieur usw., Fernschreiber, die den Fernsprecher außerordentlich wirkungsvoll ergänzen. Auf ihrem endlosen, etwa 150 mm breiten Papierband schreibt eine elektromagnetisch angetriebene Feder. Wird eine Mitteilung aufgegeben, so setzt sich das Papierband des empfangenden Apparates selbsttätig in Bewegung und die Feder schreibt auf ihm in der Handschrift des Aufgebenden die Botschaft. Solche Apparate ersparen nicht nur viel Botengänge, wenn niemand am Fernsprecher ist, sondern erhöhen die Sicherheit des Betriebes und vermeiden unwahre Angaben und Mißverständnisse, weil wichtige Befehle handschriftlich und mit genauer Zeitangabe vorliegen und es für beide Teile unmöglich ist, sie unbemerkt später verschwinden zu lassen oder abzuändern. Alle großen Kesselhäuser haben Fahrstühle zwischen den verschiedenen Galerien. Sie dienen stets zur Beförderung von Menschen und von Lasten und ersparen gleichfalls viel Zeit.

Man könnte nun gegen vorstehende Ausführungen den Einwurf erheben, daß die deutschen Betriebsergebnisse günstiger ausgefallen wären, wenn man die größten deutschen Werke zum Vergleich herangezogen hätte. Dieser Einwurf wäre indes nur zum Teil berechtigt. Einmal gibt es organisch aufgebaute, deutsche Steinkohlenkraftwerke von der Größe der amerikanischen nicht. Zudem kam es hier nicht so sehr darauf an, einen Unterschied zwischen amerikanischen und deutschen Kraftwerken festzustellen, als zwischen Werken mit sehr großen und mit kleinen Kesseln, und auch unsre größten Steinkohlenkraftwerke haben nicht mehr als 600 bis 700 m² mittlere Kesselheizfläche. Aber auch bei den für den Vergleich benutzten deutschen Anlagen zeigt sich deutlich, daß der Mannschaftsbedarf mit zunehmender Einzelheizfläche sinkt. Um nachzuweisen, daß dieses Gesetz auch für Amerika gilt, wurde in Zahlentafel 6 eine alte, aber große amerikanische Anlage mit aufgeführt, die nur Kessel von 600 m² Heizfläche hat.

B e t r i e b z e i t d e r K e s s e l u n d Z a h l d e r d u r c h g e b r a n n t e n S i e d e r o h r e. Die Zeit, während welcher die Amerikaner einen Kessel bis zur nächsten Reinigung und Überholung im Betrieb halten, ist sehr verschieden. In zehn Werken schwankte sie zwischen einem und neun Monaten und betrug im Mittel 78 Tage. Mit Ausnahme eines einzigen Werkes, das zurzeit nur einen Teil seiner Zusatzwassermenge durch Destillation gewinnen kann und die beiden vordersten Reihen alle 30 Tage ausbohrt, obgleich sie nur eine ganz dünne Kesselsteinschicht haben, beschränkte nicht die Verschmutzung der inneren, sondern der äußeren Kesselheizfläche und der Verschleiß der Roste und der Einmauerung die Betriebsdauer. Bei einigen Kohlen bilden sich schnell Aschennester an den vordersten Wasserrohren und harte Schlackenkuchen an den Feuerraumwänden. Da, wo dies nicht der Fall ist, sind die Kessel bis zu neun Monaten ununterbrochen im Betriebe. Rohrdurchbrenner fürchtet man infolge der sorgfältigen Aufbereitung des Zusatzwassers kaum. Nach Zahlentafel 6 wurden von 10 000 Siederohren durch Durchbrennen und andre Ursachen jährlich im Mittel 2,3 Rohre unbrauchbar gegenüber 74 in deutschen Werken. 10 000 Siederohre entsprechen etwa einer Kesselheizfläche von 15 000 m², also einer für deutsche Begriffe bereits sehr großen Kesselanlage. Daß auch bei uns Rohrdurchbrenner unschwer fast völlig vermieden werden können, geht daraus hervor, daß zwei von den befragten fünf Werken in mehreren Jahren nicht ein Rohr auswechseln mußten. Das eine dieser Werke destilliert sein gesamtes Zusatzwasser, das andre hat eine sehr gut gewartete chemische Wasserreinigung und sehr sorgsamen Betrieb. Auch ein großes deutsches Braunkohlenkraftwerk hat seit Aufstellung einer Destillieranlage in mehrjährigem Betrieb keine schadhaften Siederohre mehr gehabt. Das Werk mit 230 schadhaften Rohren hat ungewöhnlich schlechte Wasserverhältnisse. Auch ungenügende Feuer-

Zahlentafel 7. Betriebswirkungsgrad der Kessel in einigen amerikanischen Kraftwerken.

	Kesseldruck	Mittlere Kesselheizfläche	Heizflächenbelastung, bezogen auf 539 kcal/kg Erzeugungswärme	Vorwärmerheizfläche im Verh. zur Kesselheizfläche	Feuerungsart	Wirkungsgrad
	at	m²	kg/m²h	vH		vH
Werk A	18,5	1395	30 = norm. 55 = max.	25 und 60	Unterschubroste	79
Werk B	16,0	2190	—	0	"	74/75
Werk C	19,0	1470	34	73	Kohlenstaub	84,7

raumhöhe vieler deutscher Kessel stellt an die Wasserrohre unzulässig hohe Anforderungen. Die kleinen Feuerräume und die für neuzeitliche Verhältnisse unzureichende Einmauerung und Unterstützung vieler Kessel der etwa 15 Jahre alten deutschen Werke, die häufigen Schäden an den gußeisernen Vorwärmern und die große Vielgliedrigkeit tragen mit zu den hohen Instandhaltungskosten bei.

Kesselwirkungsgrad und Wärmeverbrauch für 1 kWh. Zahlentafel 7 enthält den Kesselwirkungsgrad von drei Werken im Jahresdurchschnitt, d. h. einschließlich aller Verluste. Die Werte sind mit dem oberen Heizwert errechnet und müssen daher um rd. 2 vH erhöht werden, wenn man sie mit entsprechenden deutschen Werten vergleichen will.

Einige der älteren Anlagen mit 20 at Kesseldruck brauchen unter günstigen Belastungsverhältnissen etwa 4500 kcal/kWh auf die nutzbar abgegebene Arbeit. Neuere Werke mit 25 bis 28 at Druck und 375 °C Dampftemperatur rechnen im Dauerbetriebe mit 82 vH Wirkungsgrad von Kessel und Vorwärmer und einem Wärmeverbrauch auf die abgegebene Kilowattstunde von 4030 kcal. Drei neuere Werke machten folgende Angaben:

Zahlentafel 8. Wärmeverbrauch in einigen amerikanischen Kraftwerken.

Werk	Kesselheizfläche	Vorwärmerheizfläche im Verhältnis zur Kesselheizfl.	Feuerungsart	Zahl der Anzapfungen der Turbinen	Kesseldruck	Dampftemp.	Belastungsfaktor	Wärmeverbrauch
	m²	vH			at	°C	vH	kcal/kWh
A	1300	62	Wanderrost	2	28	370	40	4360
B	2840	65	Kohlenstaub	3	29	370	—	4040
C	1470	78	Kohlenstaub	eine der Turbinen hat eine Anzapfung	19	320	52	3960

Anlage C in Zahlentafel 7 und 8 ist das weltbekannte Lakeside-Kraftwerk in Milwaukee, das zurzeit wohl den niedrigsten Wärmeverbrauch aller amerikanischen Elektrizitätswerke hat, obgleich Kesseldruck und Dampftemperatur für heutige Begriffe nicht hoch sind und nur eine der Turbinen in einer Stufe angezapft ist. Abb. 39 läßt erkennen, daß diese ausgezeichnete Wärmeausnutzung nur allmählich durch unermüdliches Verbessern und durch volle Hingabe von Leitung und Mannschaften erreicht werden konnte. Außer durch seine Betriebführung zeichnet sich Lakeside durch seine großzügigen Wohlfahrtseinrichtungen für Angestellte und Arbeiter aus.

Die großen Werke sind meist sehr gut geleitet. Vorzüglich ausgestattete Laboratorien, sehr gute Meßgeräte und ein Stab tüchtiger Versuchsingenieure dienen der dauernden Überwachung und Verbesserung des Wärmeverbrauches.

Ein Werk mit rd. 300 000 kW ausgebauter Turbinenleistung hatte folgenden Stab von Versuchsingenieuren:

kcal/kWh 5500 5000 4500 4000 3500
Jan. April Juli Okt. 1921 1922 1923 1924

Abb. 39. Wärmeverbrauch für eine nutzbar abgegebene Kilowattstunde im Lakeside-Kraftwerk.

einen Leiter, vier Ingenieure (Techniker) zum Ablesen und täglichen Eichen der Wasser- und andrer Messer, zwei zur Ermittlung der vorteilhaftesten Feuerführung, drei für die Auswertung der Aufzeichnungen der selbstschreibenden Meßgeräte (Temperaturen, Dampfmenge, Zugstärke, CO_2-Gehalt), acht für Versuche allgemeiner Art und für genaue Verdampfversuche.

In einem andern Werk mit rd. 160 000 kW ausgebauter Leistung waren sechs Ingenieure (Techniker) lediglich für die Durchführung genauer Verdampfversuche und laufender Versuche über die vorteilhafteste Feuerführung angestellt.

In Deutschland besteht noch vielfach eine Abneigung gegen die Bekanntgabe von Betriebsergebnissen, weil man u. a. befürchtet, die Konkurrenz könnte hieraus Vorteile ziehen. Meines Erachtens ist diese Befürchtung unberechtigt. Es ist eine bekannte Tatsache, daß Verbesserungen und Fortschritte häufig so lange ausbleiben, als kein zahlenmäßiger Anhalt dafür besteht, was ein andres Unternehmen oder eine andre Maschine leistet. Dies trifft ganz besonders auf die Betriebführung von Kraftwerken zu. Manchmal wird dem Betriebsleiter blind geglaubt, wenn er versichert, sein Betrieb sei auf der Höhe. Wenn aber erst einige Betriebe ihre Ergebnisse veröffentlichen, werden sehr schnell an zahlreichen Stellen Ersparnismöglichkeiten festgestellt werden. Bekanntgabe der Betriebsergebnisse würde nicht nur ein wirksamer Ansporn für viele andern Betriebsleiter sein, sondern auch im Laufe der Zeit zuverlässigere Anhaltpunkte über die Güte eines Kessels oder irgendeines Bestandteiles des Werkes geben. Auch die leidigen Auseinandersetzungen, ob bei unbefriedigenden Ergebnissen die Betriebführung oder die Maschinen schuld sind, würden zusammenschrumpfen. So wie es den Bau von Maschinen gefördert hat, daß durch Zusammenarbeiten und Erfahrungsaustausch unsre Kenntnisse darüber, was von einem Baustoffe verlangt werden kann, vertieft und infolgedessen die Baukosten herabgesetzt wurden, so würde ein ähnliches Vorgehen auf dem Gebiete der Betriebführung sicher die Energieerzeugung verbilligen und die Überschüsse eines Werkes erhöhen.

Wettbewerbfähigkeit der amerikanischen Kesselindustrie.

Amerikanische Verhältnisse können ohne Berücksichtigung der Kosten für Löhne und Baustoffe nicht richtig beurteilt werden. Dies gilt auch für Herstellung und Betrieb von Dampfkesseln.

Um eine gute Vergleichsgrundlage für die Herstellungs- und Betriebkosten von Kesseln zu erhalten, wurde in Zahlentafel 9 außer der Lohnhöhe angegeben, wieviel Arbeitstunden in Elektrizitätswerken mit 1 t Kohle und in Kesselfabriken mit 1 t Blech bezahlt werden können. Die eingesetzten Kohlenpreise gelten frei Zeche.

Nach Zahlentafel 9 kann man mit 1 t Kesselblech bzw. 1 t Steinkohle bezahlen:

in Amerika . . rd. 55 bis 107 bzw. 3 bis 7,3 Arbeitstunden
„ Deutschland „ 180 „ 360 „ 17 „ 28 „

Somit erhält man für dieselbe Rohstoffmenge in Deutschland rd. 3,2 bis 5,7 mal, im Mittel etwa 4 mal mehr Arbeit.

Die Löhne und Materialkosten in Zahlentafel 9 hängen natürlich stark von den örtlichen Verhältnissen ab. Trotzdem zeigt die Zusammenstellung zwei Dinge:

Zahlentafel 9. Vergleich deutscher und amerikanischer Lohnverhältnisse in Kesselfabriken und Kesselhäusern.

Tätigkeit des Arbeiters	Amerika Preis in ℳ/t Kesselblech . . . . 180.00 Kohle. . . . 8,50 bis 12,50		Deutschland Preis in ℳ/t Kesselblech . . . . 180,00 Kohle . . . 12,00 bis 18,00	
	Lohn für 1 Arbeitsstunde (1 $ = ℳ 4,20) ℳ	Es können bezahlt werden Arbeitsstunden	Es können bezahlt werden Arbeitsstunden	Lohn für 1 Arbeitsstunde ℳ
A. Kesselfabriken:		für 1 t Kesselblech		
Modelltischler	2,95 bis 3,25	60 bis 55	275 bis 190	0,65 bis 0,95
Nieter und Stemmer	2,55 „ 3,00	70 „ 60	240 „ 185	0,75 „ 0,98
Schlosser (I. Klasse)	2,48 „ 2,77	72 „ 65	275 „ 210	0,65 „ 0,97
„ (II. „)	2,25 „ 2,48	80 „ 72	300 „ 200	0,60 „ 0,90
Ungelernte Hilfsarbeiter	1,68 „ 2,10	107 „ 85	360 „ 300	0,50 „ 0,60
Kesselmaurer	4,00 „ 6,00	45 „ 30	210 „ 180	0,85 „ 1,00
Durchschnittlicher Lohn eines Arbeiters:				
Kesselfabrik I	2,75	65	—	—
Kesselfabrik II	3,35	55	—	—
B. Kesselhäuser:		für 1 t Kohlen		
Heizer bei mechanischen Rosten	2,85 bis 3,40	3 bis 3,7	17 bis 20	0,70 bis 0,90
Mann zur Beaufsichtigung der Wasserstände	2,50 „ 3,00	3,4 „ 4,2	20 „ 26	0,60 „ 0,70
Kesselwäscher	2,30	3,7 „ 5,4	22 „ 28	0,55 „ 0,65
Hilfsarbeiter	2,10	4,1 „ 6,0	19 „ 24	0,62 „ 0,75
Mann für Aschenabfuhr	1,70	5,0 „ 7,3	19 „ 26	0,62 „ 0,70
Durchschnittlicher Lohn eines Arbeiters	2,35 bis 2,90	3,6 „ 4,3	18 „ 21	0,67 „ 0,85

1) Die Löhne in den Vereinigten Staaten sind etwa 3- bis 4mal so hoch wie in Deutschland[1]),
2) die Löhne spielen bei den Herstellungs- und Betriebkosten eine weit größere Rolle als bei uns.

Ersparnis an Baustoffen ist daher in Amerika nicht so wichtig wie in Deutschland, ja es kann drüben vorteilhafter sein, eine Maschine schwerer oder verwickelter auszuführen, oder teurere Vorrichtungen in ein Werk einzubauen, wenn dadurch nur weniger Arbeit gebraucht wird. Die hohen Arbeitslöhne sind eine schwere Sorge der amerikanischen Industrie und die Hauptursache der weitgehenden Mechanisierung aller Arbeit, wie sie am ausgeprägtesten bei Ford ist. Sie gestattet zwar wesentliche Verbilligung der Herstellkosten von Massenartikeln, weit weniger aber von schweren Maschinen, wie z. B. Dampfkesseln. Tatsächlich ist die Einfuhr großer Maschinen trotz hoher Schutzzölle (15 bis 25 vH) vorteilhaft. Die 50 000 kW-Turbinen in Crawford Avenue lieferte z. B. Charles Parsons in Newcastle, England. Die großen Kesselfabriken tragen diesem Umstande Rechnung, indem sie an Stelle weniger schwerer Teile, z. B. der Wasserkammern, zahlreiche leichte, als Massenartikel herstellbare, nehmen, z. B. Sektionen, oder indem sie den Zusammenbau vereinfachen (Ersatz der Kammerhälse durch eingewalzte Rohre), oder indem sie Zwischengewinne dadurch vermeiden, daß sie möglichst viele Bestandteile der Kessel, z. B. die Wasserrohre, im eigenen Betriebe herstellen. Diese Tendenz brachte der Präsident einer großen Kesselfabrik hübsch zum Ausdruck, indem er sagte: „Unser Werk ist im Grunde genommen eine große Fabrik zur Herstellung von Wasserrohren, verbunden mit einer großen mechanischen Schmiede, an die eine Abteilung zum Zusammenbau von Kesseln angeschlossen ist.“ Hierin liegt natürlich etwas Übertreibung, im wesentlichen trifft die Schilderung aber durchaus zu.

Zurzeit bietet das für europäische Begriffe außerordentlich weite und reiche Land seinen Kesselfabriken reiche Absatzmöglichkeiten. Wenn aber einmal eine gewisse Sättigung eingetreten und die amerikanische Kesselindustrie mehr auf die Ausfuhr angewiesen ist, steht sie voraussichtlich vor keiner leichten Aufgabe.

[B 222] (Schluß folgt.)

[1]) Natürlich gilt nicht dasselbe für ihre Kaufkraft.

Wasserkraftausnutzung in der Schweiz.

Nach einer vom Schweizerischen Wasserkraftverband veröffentlichten Statistik vom Ende des Jahres 1923 wurden 1923 in sämtlichen Wasserkraft-Elektrizitätswerken der Schweiz, und zwar in öffentlichen Elektrizitätswerken und in Privatbetrieben, 3,063 Milliarden kWh erzeugt, während die mittlere Erzeugungsmöglichkeit rd. 5 Milliarden kWh betrug. Der Unterschied von 2 Milliarden kWh ist in der Hauptsache auf geringere Sommerenergie und auf unvollkommene Ausnutzung neuer Werke zurückzuführen. Die erzeugte Energie verteilt sich auf die hauptsächlichsten Verwendungsgebiete wie folgt:

Licht, Kraft und Wärme	1,682	Milliarden kWh
Bahnbetrieb	0,280	„ „
Elektrochemie und Elektrometallurgie	0,580	„ „
Ausfuhr	0,521	„ „
im ganzen	3,063	Milliarden kWh.

Auf den Einwohner der Schweiz kommt mithin ein Verbrauch von 650 kWh, der in keinem andern Lande der Welt erreicht wird.

Im Jahre 1924 wurden die folgenden wichtigen Werke in Betrieb genommen: Wäggital (erster Ausbau), Tremorgio-Amsteg (zweite Erweiterung), Wynau II (erster Ausbau), Barberine (weitere Vergrößerung) mit etwa 113 000 PS. Der Gesamtbetrag der bis Ende 1924 eingebauten Leistung erreicht rd. 1 570 000 PS (ohne Wäggital). Die bis Ende 1924 vollendeten Kraftwerke (ohne Wäggital) können im Mittel 5.2 Milliarden kWh im Jahr erzeugen. Hierbei steht in erster Linie der Kanton Wallis mit 888 Millionen kWh, es folgen die Kantone Bern mit 777, Graubünden mit 585, Aargau mit 546, Tessin mit 364, Solothurn mit 323, Uri mit 290, Zürich mit 219, Waadt mit 190, Freiburg mit 170 Millionen kWh im Jahre. Nach der Wirtschaftsform verteilen sich diese Wasserkraftanlagen wie folgt:

	eingebaute Leistung
Private Werke	753 977 PS = 48 vH
Gemeindewerke	233 420 „ = 15 „
Kantonale und gemischte Werke	399 482 „ = 25 „
Bundeswerke (Bundesbahnen)	183 500 „ = 12 „
Im ganzen	1 570 379 PS.

Die Vermehrung der eingebauten Leistung in Wasserkraftwerken während der letzten Jahrzehnte zeigt folgende Zusammenstellung:

	Neubauten und Erweiterungen	Im Mittel f. d. Jahr
1892 bis 1900	121 195 PS	12 119 PS
1901 „ 1910	389 096 „	38 909 „
1911 „ 1920	613 901 „	61 390 „
1921 „ 1924	372 025 „	93 006 „

Von den wichtigsten am Schluß des Jahres 1924 im Bau befindlichen Wasserkraftwerken sind zu nennen: Chancy-Pougny, Wäggital (zweiter Ausbau), Klosters, Turtmann, Oberems, Champsec, Peuffaire II, Orsières, Vernayaz. Dazu kommen noch Erweiterungen der bestehenden Werke in Ruppoldingen, Aue, Kappelerhof, Thun u. a. m. Die eingebaute Leistung dieser Werke wird rd. 407 000 PS betragen und die Erzeugungsfähigkeit 720 Millionen kWh. Infolge des Ausbaues dieser Werke wird die eingebaute Leistung aller Wasserkraftwerke der Schweiz auf 1 977 000 PS mit einer mittleren jährlichen Erzeugungsmöglichkeit von 5,92 Milliarden kWh steigen, d. h. auf 30 vH der 20 Milliarden, worauf die mögliche Arbeitslieferung der gesamten in der Schweiz vorhandenen ausnutzbaren Wasserkräfte geschätzt wird. Das Studium der Entwürfe einer weiteren Reihe von großen Werken ist vollendet und die Ausführung wird binnen kurzem folgen.

Aus obigen Zahlen lassen sich die großen Entwicklungsmöglichkeiten der Wasserkräfte der Schweiz erkennen. Wenn die Ausnutzung der Wasserkräfte so schnell weiter steigt und die Anwendung der elektrischen Energie sich so weiter ausbreitet, wie in den letzten Jahren, dann wird die Schweiz bald unabhängig von der Kohle sein. (Rivista tecnica della Svizzera Italiana Nr. 2, Februar 1925.) [N 503] Bu.

Wesen und Verwertbarkeit der Kohlen.

Vorgetragen am 23. März 1925 in der Wärmetagung der Technisch-Wissenschaftlichen Vereine Kölns.[1]

Von Dr.-Ing. Hans Tropsch, Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohlenforschung, Mülheim/Ruhr.

Unsere heutigen Kenntnisse über die chemische Struktur der Kohle werden geschildert, und es wird gezeigt, wie die Verwertbarkeit der Kohlen für die verschiedensten Zwecke, wie Urteergewinnung, Kokserzeugung, Ölgewinnung durch Hydrieren usw., von Art und Menge der in der Kohle erkannten Verbindungen und Verbindungsgruppen abhängt.

Die Kohlenchemie strebt danach, die Kohlen einerseits als Brennstoff zu veredeln, anderseits chemisch wertvolle Stoffe aus ihnen zu gewinnen. Dieses Ziel wird am besten erreicht werden, wenn es gelingt, in ihre chemische Struktur einen möglichst tiefen Einblick zu erlangen, denn zwischen Wesen und Verwertbarkeit der Kohlen besteht ein inniger Zusammenhang. Ein planmäßiges Erforschen ihres chemischen Aufbaues ist daher nicht nur für die Wissenschaft von Bedeutung.

Die aus organischen Überresten entstandene Kohlensubstanz baut sich aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel auf. Ferner sind, mechanisch beigemengt, mineralische Bestandteile sowie Wasser vorhanden. Die Ansicht, daß die Kohle ein Gemenge von komplizierten Kohlenstoffverbindungen darstellt, ist schon in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts von Baltzer ausgesprochen worden und hat seinerzeit ein gewisses Aufsehen erregt. Nahm man doch meist an, daß die Steinkohle ein Gemenge von reinem Kohlenstoff mit nicht näher bekannten organischen, als Bitumen bezeichneten Verbindungen sei.

Wir können im wesentlichen zwei nach ihrer Herkunft beträchtliche Unterschiede aufweisende Kohlenbildungen unterscheiden: die aus mikroskopischen Lebewesen hauptsächlich tierischer Natur, dem sogenannten Mikroplanton, entstandenen Sapropel- oder Faulschlammkohlen und die aus den Überresten höherer Landpflanzen entstandenen Humuskohlen. Über die chemische Struktur der Sapropelkohlen, zu denen die Cannelkohle, die Bogheadkohle und auch die organischen Bestandteile der bituminösen Schiefer zu rechnen sind, wissen wir noch so gut wie garnichts. Bekannt ist, daß diese Kohlen eine sehr hohe Teerausbeute geben, obschon sie fast keine benzollösliche Bestandteile enthalten. Für Deutschland sind die Sapropelkohlen nur von untergeordneter Bedeutung. Unsre Kohlenvorkommen sind fast ausschließlich zu den Humuskohlen zu rechnen. Nach der Theorie von Franz Fischer und Schrader[2]) sind diese Kohlen im wesentlichen aus dem Lignin der Pflanzen über die Huminsäuren entstanden. Die verschiedenen Humuskohlenbildungen, Braunkohle und Steinkohle, sowie die Vorstufe der Kohlen, den Torf, betrachten wir heute nur als verschiedene Stufen des gleichen Vorganges, wobei, wie Erdmann[3]) kürzlich gezeigt hat, die Übergänge weniger durch lange Zeit als durch bestimmte physikalische Bedingungen, wie Temperaturerhöhungen, hervorgerufen wurden, die sich durch die Überlagerung eines entsprechenden Deckgebirges einstellten.

Aus den Humuskohlen lassen sich durch Lösungsmittel, wie Benzol, flüssige schweflige Säure und dergl., gewisse Stoffe herauslösen, die man Bitumen nennt. Das Bitumen der Braunkohle, auch Montanwachs genannt, besteht in der Hauptsache aus wachs- und harzartigen Verbindungen. Durch Äther kann man das Wachs von dem Harz annähernd trennen. Während das Harz noch kaum untersucht ist, weiß man, daß das Wachs größtenteils aus Estern der 25, 27 bzw. 29 Kohlenstoffatome enthaltenden Fettsäuren: Zerotinsäure, Karbozerinsäure und Montansäure[4]), mit Alkoholen von 24, 26, 30 und 32 Kohlenstoffatomen[5]), neben den genannten Fettsäuren in freier Form besteht. Während im Braunkohlenbitumen nur sauerstoffhaltige Verbindungen, jedoch keine Kohlenwasserstoffe vorkommen, besteht das Steinkohlenbitumen wenigstens zum Teil auch aus Kohlenwasserstoffen. Pictet[6]), und in neuerer Zeit Hofmann und Damm[7]) haben in Steinkohlenbitumen eine ganz Reihe von Kohlenwasserstoffen aufgefunden, die nach ihrer Elementarzusammensetzung der hydroaromatischen Reihe angehören. Behandelt man die Kohle mit Benzol in geschlossenen druckfesten Gefäßen, so daß das Lösungsmittel bedeutend über seinen unter Atmosphärendruck bei 81 °C liegenden Siedepunkt erhitzt werden kann, so gelingt es, bei 250 bis 270 °C oft ein Vielfaches von dem aus der Kohle herauszulösen, was unter gewöhnlichen Bedingungen in Lösung geht. Das nach diesem Verfahren aus der Steinkohle gewonnene Bitumen läßt sich, wie Franz Fischer und Gluud[8]) gezeigt haben, durch Petroläther in einen darin löslichen öligen, aus Kohlenwasserstoffen bestehenden Anteil, das Ölbitumen, und in einen unlöslichen kakaofarbigen festen Anteil, das Festbitumen, das sauerstoffhaltig ist, zerlegen. Das Kohlenbitumen hat sich aus den wachs- und harzartigen Stoffen der Pflanze gebildet, die im Braunkohlenbitumen noch in ziemlich unveränderter Form vorliegen, während sie bei der Steinkohle schon tiefergehende Veränderung erfahren haben. Der Übergang der Fettsäuren und Fettsäureester des Braunkohlenbitumens in die Kohlenwasserstoffe des Steinkohlenbitumens stellt den gleichen Vorgang dar, wie ihn Engler für die Entstehung des Erdöls aus Fetten angenommen und durch Versuche bewiesen hat.

Das Bitumen ist nur in untergeordneten Mengen in der Kohle vorhanden. Der Hauptbestandteil der Kohlen ist beim Torf und bei den jüngeren Braunkohlen leicht in kalten Alkalilaugen mit dunkelbrauner Farbe löslich. Bei den älteren Braunkohlen ist diese Löslichkeit in kaltem Alkali verschwunden. Durch längeres Erwärmen mit Lauge gelingt es jedoch, auch hier beträchtliche Mengen der Kohle mit dunkelbrauner Farbe zu lösen. Die Steinkohlen endlich sind auch in der Hitze nicht mehr in Laugen löslich. Die alkalilöslichen Stoffe der Kohle, die Huminsäuren, sind nach der Theorie von Franz Fischer und Schrader aus dem Lignin der Pflanzen entstanden. Ihre Umwandlung in die alkaliunlöslichen Huminstoffe der Braunkohlen und schließlich in die eigentliche Steinkohlensubstanz vollzieht sich durch Abspaltung von Wasser und Kohlensäure. Lignin, alkalilösliche Huminsäuren, alkaliunlösliche Humine und Steinkohlensubstanz haben, wie durch die Druckoxydation gezeigt werden konnte[9]), Benzolstruktur. Die Umwandlung der Huminsäuren in die Braunkohle und schließlich in die Steinkohle stellt eine fortschreitende Kondensation dar, bei der die chemische Struktur in der Hauptsache nicht geändert wird, und die im wesentlichen in einer immer weitergehenden Vergrößerung der Moleküle besteht, die sich aus Benzolringen aufbauen. An der Benzolstruktur der Huminsäuren und der sich daraus ableitenden Kohle kann heute nicht mehr gezweifelt werden. Sie folgert sich auch noch aus andern Reaktionen. So ergeben die Huminsäuren bei der Einwirkung von Salpetersäure[10]) nitrophenolartige Verbindungen, u. a. konnte ein pikrinsäureähnlicher Stoff in kristallisierter Form erhalten werden. Auch die Kalischmelze der Huminsäuren[11])

[1]) s. a. S. 883 und Nr. 16 S. 492.

[2]) Fischer und Schrader, Entstehung und chemische Struktur der Kohle, 2. Auflage, Essen 1922.

[3]) „Brennstoff-Chemie“ Bd. 5 (1924) S. 177.

[4]) H. Tropsch und Kreutzer, „Brennstoff-Chemie“ Bd. 3 (1922) S. 177; Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 6 (1921) S. 391; H. Tropsch und Dilthey, „Brennstoff-Chemie“ Bd. 6 (1925) S. 65.

[5]) Pschorr und Pfaff, Ber. Dtsch. Chem. Ges. Bd. 53, (1920); S. 2147 H. Tropsch und Dilthey, „Brennstoff-Chemie“ Bd. 6 (1925) S. 65.

[6]) Ann. de chimie (9) Bd. 10 (1918) S. 249.

[7]) „Brennstoff-Chemie“ Bd. 3 (1922) S. 73.

[8]) Ber. Dtsch. Chem. Ges. Bd. 49 (1916) S. 1460; Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 1 (1915/16) S. 54.

[9]) Franz Fischer, H. Schrader und W. Treibs, Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 5 (1920) S. 221, 235 u. 267.

[10]) H. Tropsch und A. Schellenberg, Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 6 (1921) S. 214.

[11]) H. Tropsch und A. Schellenberg, Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 6 (1921) S. 196.

Abb. 1. Koksarten einer fortgesetzt bei erhöhter Temperatur mit Benzol ausgezogenen stark treibenden und stark backenden Steinkohle.

führte zu Derivaten des Benzols. Ferner liefert die Hydrierung der Kohle nach Bergius Öle, die Phenole, also Benzolabkömmlinge, enthalten[1]).

Soweit die Kohle nicht nur als Brennstoff in Frage kommt, hängt ihre heutige Verwertbarkeit hauptsächlich von der Art und Menge des in ihr enthaltenen Bitumens ab. Aus der bitumenreichen mitteldeutschen Braunkohle gewinnt man durch Ausziehen mit Benzol das Montanwachs, das in rohem Zustande für die verschiedensten Zwecke Verwendung findet, die sich größtenteils auf die Möglichkeit, die Ester und freien Fettsäuren des Wachses in Fettsäuresalze überzuführen, gründet. Durch Ozon[2]) oder durch verdichtete Luft[3]) kann man das Montanwachs zu Fettsäuren abbauen, deren Natriumsalze als Seifen verwendbar sind, da sie sich leichter lösen und stärker schäumen als die der ursprünglichen Montanwachsfettsäuren. Das rohe, dunkelbraun gefärbte Montanwachs kann auch raffiniert und in einen gelblichen bis weißen wachsartigen Stoff übergeführt werden, wobei allerdings zum Teil eine tiefergehende Veränderung insbesondere eine teilweise Umwandlung der Fettsäuren in Ketone stattfindet. Zum Ausziehen mit Benzol eignen sich nur bitumenreiche Kohlen. Nur aus ihnen kann man ein hochwertiges Montanwachs gewinnen. Bitumenarme Kohlen, wie z. B. die rheinische Braunkohle, geben, wie wir kürzlich festgestellt haben[4]), zwar auch ein Montanwachs, das äußerlich dem mitteldeutschen gleicht, bei näherer Untersuchung zeigt sich jedoch, daß neben den eigentlichen wachsartigen Bestandteilen eine große Menge hochmolekularer nicht wachsartiger Stoffe vorhanden sind, die ebenfalls vom Benzol aus der Kohle herausgelöst werden und die bei den bitumenärmeren Kohlen in dem Benzolauszug stark hervortreten. Eine ähnliche Verschlechterung der Güte des Montanwachses dürfte auch eintreten, wenn man bitumenreiche Braunkohlen statt bei Atmosphärendruck bei höherem Druck mit Benzol auszieht oder besser ausziehende Mittel, wie Gemische von Benzol und Alkohol, gebraucht.

Die bituminöse Braunkohle wird hauptsächlich in der Schwelerei verwendet. Da die wertvollen Bestandteile des Schwelteeres, die Kohlenwasserstoffe und vor allem das feste Paraffin aus dem wachsartigen Anteile des Bitumens entstehen, so liefert eine sehr bituminöse Kohle nicht nur größere Teermengen, sondern auch die Güte des Teeres ist höher.

Aus Zahlentafel 1, in der Bitumengehalt, Urteerausbeute, Gehalt des Urteers an festem Paraffin und an Phenolen aufgeführt sind, ist zu ersehen, daß die bitumenreiche mitteldeutsche Schwelkohle große Mengen von Urteer gibt, der viel Paraffin und wenig Phenole enthält. Aus der rheinischen Braunkohle bekommt man dagegen wenig und schlechten Teer. Noch ungünstiger liegen die Verhältnisse beim Lignit. Die Zahlen, die von Schneider[5]) ermittelt worden sind, beziehen sich auf vollständig trockne Kohle.

Welchen Anteil die einzelnen Kohlebestandteile an der Bildung und Zusammensetzung des Teeres haben, zeigen Arbeiten von Schneider[6]) sowie von Erdmann[7]), die die Braunkohle in Bitumen, Huminsäuren und alkaliunlösliche Restkohle zerlegten und diese Bestandteile auf ihr Verhalten bei der Verschwelung untersuchten. Das Bitumen lieferte eine große Menge eines phenolarmen, paraffinreichen Teeres. Die Huminsäuren ergeben dagegen nur sehr wenig, aber sehr phenolreichen Teer und fast gar kein festes Paraffin. Wenn man berücksichtigt, daß die Huminsäuren Benzolstruktur aufweisen, so wird man die erhebliche Bildung von Phenolen, also Benzolderivaten, verstehen.

Zahlentafel 1.

Kohlenart	Durch Benzol ausgezog. Bitumen vH	Urteerausbeute vH	Gehalt des Urteers an festem Paraffin vH	Gehalt des Urteers an Phenolen vH
Mitteldeutsche Schwelkohle . . .	15	24	29	15
Rheinische Braunkohle	3,5	7,6	13	37
Westerwälder Lignit	-	2,7	-	57

Abb. 2. Koksarten einer unter Druck mit Benzol ausgezogenen stark blähenden Steinkohle.

Abb. 3. Koksarten der völlig mit Benzin ausgezogenen Kohle nach Zusatz der halben und der Gesamtmenge des ihr zuvor entzogenen Bitumens.

Eine noch wichtigere Rolle spielt das Bitumen bei der Steinkohle. Hängt es doch von seiner Menge und Art ab, ob man aus der Steinkohle einen brauchbaren Koks erzeugen kann. Diese Zusammenhänge wurden erst kürzlich durch eine Arbeit von Fischer, Broche und Strauch[8]) klargelegt. Untersucht wurde die fortlaufende Reihe der Steinkohlen von den der Entstehung nach jüngsten bis zu den ältesten. In dieser Reihe geben die jüngsten, die Sandkohlen und die Gasflammkohlen, mit nur geringer Koksausbeute aber viel flüchtigen Bestandteilen, einen sandigen, nicht zusammenhängenden Koks. Mit steigendem, genetischen Alter der Kohle wird der Koks immer fester, und wir kommen schließlich zu den Fettkohlen, die die eigentlichen

Abb. 4. Koksarten einer völlig mit Benzol ausgezogenen Kohle nach Zusatz von Ölbitumen.

Abb. 5. Koksarten einer völlig mit Benzol ausgezogenen Kohle nach Zusatz von Festbitumen.

[1]) Franz Fischer und W. Frey, „Brennstoff-Chemie" Bd. 6 (1925) S. 69.

[2]) Franz Fischer und H. Tropsch, Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 2 (1917) S. 169, DRP. 346362.

[3]) Franz Fischer und W. Schneider, Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 4 (1919) S. 189.

[4]) H. Tropsch und P. Dilthey, „Brennstoff-Chemie" Bd. 6 (1925) S. 65.

[5]) Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 2 (1917) S. 84.

[6]) Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 3 (1918) S. 325.

[7]) Zeitschr. f. angew. Chemie Bd. 34 (1921) S. 309.

[8]) „Brennstoff-Chemie" Bd. 6 (1925) S. 33.

Kokskohlen darstellen. Bei den der Entstehung nach ältesten Kohlen, den Magerkohlen, nimmt dann das Backvermögen wieder ab, der Koks ist nur mehr gefrittet und beim Anthrazit schließlich nur ein loses Pulver. Manche Steinkohlen blähen sich beim Verkoken stark auf.

Die mehrmalige bis zur Erschöpfung durchgeführte Behandlung von Steinkohlen mit Benzol bei erhöhter Temperatur ergab nun, daß die Kohle danach die Fähigkeit, einen gebackenen oder geblähten Koks zu liefern, einbüßt. Abb. 1 zeigt Koksarten, die eine backende und dabei stark blähende Kohle gibt, nachdem sie stufenweise dem Ausziehen mit Benzol bei 285 °C unterworfen worden ist. Man sieht, daß die Kohle zuerst die Eigenschaft zu blähen und schließlich die Backfähigkeit verliert. Vollständig mit Benzol ausgezogene Kohle gibt nur eine gesinterte Koksart. Wurde der vollständig mit Benzol ausgezogenen, nicht mehr backenden und blähenden Kohle, die nur einen schwarzen gesinterten Koks lieferte, das ihr entzogene Bitumen wieder zugesetzt, so erhielt man wieder einen schön geflossenen, stark aufgetriebenen Koks mit silbergrauem Metallglanz, Abb. 2 u. 3. Die Kohle hatte bei Zusatz der gesamten Menge des ihr entzogenen Bitumens wieder denselben Treibgrad, bei Zusatz von weniger Bitumen war er geringer.

Die weitere Untersuchung des Bitumens brachte die Aufklärung, welche seiner Bestandteile das Backen und welche das Blähen verursachen. Das Bitumen wurde mit Petroläther in den löslichen, öligen, aus Kohlenwasserstoffen bestehenden Anteil, das Ölbitumen, und in den festen, kakaofarbigen, außer Kohlenstoff und Wasserstoff noch Sauerstoff enthaltenden Anteil, das Festbitumen, zerlegt. Es zeigte sich nun, daß das Ölbitumen das Backen der Kohlen bewirkt, während das Festbitumen für das Treiben verantwortlich ist. Wurde der soeben erwähnten, mit Benzol völlig ausgezogenen Kohle, die ursprünglich sowohl backende als auch blähende Eigenschaften hatte, das ihr entzogene Ölbitumen wieder zugesetzt, so erhielt die Kohle wieder die Fähigkeit zu backen, hatte jedoch keine treibenden Eigenschaften und erhielt sie auch nicht, selbst wenn man die doppelte Menge des Ölbitumens zusetzte, Abb. 4. Damit war nachgewiesen, daß das aus Kohlenwasserstoffen bestehende Ölbitumen der Träger des Backvermögens der Kohle ist, jedoch mit dem Treiben nichts zu tun hat. Anderseits gab die vollständig mit Benzol ausgezogene Kohle nach Zusatz des sauerstoffhaltigen Festbitumens einen stark getriebenen, porösen Koks, Abb. 5; der ursprüngliche Treibgrad wurde jedoch nur erreicht, wenn man das gesamte, der Kohle entzogene Festbitumen wieder zusetzte. Wurde weniger zugemischt, dann war auch hier der Treibgrad geringer. Der stark getriebene Koks, der ohne Ölbitumen nur mit Festbitumen erhalten worden ist, ist sehr porös, Abb. 5. Er ist schwarz, während der sowohl mit Fest- als auch mit Ölbitumen erzeugte getriebene Koks, Abb. 3, silbergraue Farbe hat.

In Zahlentafel 2 sind die wesentlichsten Eigenschaften der untersuchten Kohlen, also Elementarzusammensetzung, Koksausbeute, Aussehen des Kokses, angeführt. Die Kohlen sind nach steigendem geologischen, bzw. genetischen Alter geordnet, der Kohlenstoffgehalt nimmt fortlaufend zu und ebenso mit gewissen Unregelmäßigkeiten die Koksausbeute.

In Zahlentafel 3 sind der Gehalt an Gesamtbitumen, das Verhätlnis von Festbitumen zu Ölbitumen, der Zersetzungpunkt des Festbitumens sowie nochmals das Aussehen des im Platintiegel erhaltenen Kokses angegeben. Es ist deutlich zu sehen, daß das Backvermögen der Kohle

Zahlentafel 2.

Nr.	Herkunft der Kohlen	Art der Kohlen	Reinkohlen Zusammensetzung C vH	H vH	Koksausbeute vH	Aussehen der Kohlen
1	Lipine (Oberschl.)	Sandkohle	—	—	62,5	loses Pulver
2	Dilsburg (Saar)	sandige Sinterkohle	74,3	5,3	61,2	schwach gesintert,
3	Lohberg (Ruhr)	backende Sinterkohle	79,3	5,6	64,8	am Rande gebacken,
4	Altenwald (Saar)	backende Sinterkohle	85,5	6,7	63,1	in der Mitte gesintert
5	Dudweiler (Saar)	Backkohle	86,5	5,3	68,3	gut gebacken, nicht gebläht
6	Osterfeld (Ruhr)	Backkohle stark blähend	89,5	5,8	82,7	gut geflossen, stark gebläht
7	Fr.Thyssen (Ruhr)	Backkohle sehr stark blähend	90,3	5,4	78,2	gut geflossen, sehr stark gebläht

mit dem Gehalt an Ölbitumen parallel geht. Daß bei der Lipine-, Dilsburg-, Lohberg- und Altenwaldkohle, die nur einen schlechten, nicht gebackenen Koks geben, zu wenig Ölbitumen vorhanden ist, jedoch das in diesen Kohlen enthaltene Bitumen trotzdem die Fähigkeit hat, das Backen der Kohle zu bewirken, konnte durch Zusatz von genügenden Mengen Ölbitumen aus Dilsburgkohle zu der völlig mit Benzol ausgezogenen Thyssenkohle nachgewiesen werden. Es wurde ein Koks gewonnen, der gut geflossen und fest gebacken war. Wurde anderseits der Ölbitumengehalt einer nicht backenden Kohle durch weiteren Zusatz von Ölbitumen erhöht, so konnte man ebenfalls einen brauchbaren Koks erzeugen.

Für das Treiben der Kohle ist nicht nur der Gehalt an Festbitumen maßgebend, sondern auch sein Zersetzungpunkt, sowie das Verhalten bei der Zersetzung. Während sich das Festbitumen der nicht backenden Kohlen bei niedriger Temperatur, ohne zu schmelzen, zersetzt, liegt bei den backenden Kohlen der Zersetzungpunkt des Festbitumens sehr hoch, und es tritt bei der Zersetzung ein Aufblähen ein, das um so stärker ist, je mehr die Kohle treibt.

Die Untersuchungen haben somit ergeben, in wie hohem Maße die Verwertbarkeit einer Kohle als Kokskohle von der Menge und Art des Bitumens abhängt. Bei der Verkokung der Kohle im Koksofen kommt es in erster Linie darauf an, ob man einen guten, für Hüttenzwecke brauchbaren Koks erhält. Der Teer wird nur als Nebenerzeugnis betrachtet und die Verkokung nie im Hinblick auf die Erzielung einer hohen Teerausbeute und einer besondern Teergüte betrieben. Anders liegen die Verhältnisse bei der Gewinnung von Urteer, wo man nicht nur einen brauchbaren Halbkoks erzeugen will, sondern wo auch die Güte und die Menge des Urteers für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens berücksichtigt werden müssen. Daß der Urteer nicht allein aus dem Bitumen der Kohlen gebildet wird, sondern auch die eigentliche Kohlensubstanz Anteil an der Teerbildung hat, wurde schon bei der Braunkohle erwähnt. Die dort gemachten Bemerkungen gelten auch für die Steinkohle.

Zahlentafel 3.

Nr.	Herkunft der Kohlen	Aussehen des Kokses	Gesamtbitumen vH	Ölbitumen vH	Verhältnis von Festbitumen zu Ölbitumen	Festbitumen Zersetzgs.-Punkt °C	Verhalten beim Zersetzen
1	Lipine	loses Pulver	1,3	0,7	49 : 51	178	zersetzt sich, ohne zu schmelzen
2	Dilsburg	schwach gesintert	2,0	1,0	48 : 52	176	zersetzt sich, ohne zu schmelzen
3	Lohberg	am Rande gebacken, in der	4,6	2,5	46 : 54	198	zersetzt sich, ohne zu schmelzen
4	Altenwald	Mitte gesintert	4,6	2,6	44 : 56	226	zersetzt sich, ohne zu schmelzen
5	Dudweiler	gut gebacken, nicht gebläht	7,8	5,2	33 : 67	über 320,	beim Schmelzen schwaches Blähen
6	Osterfeld	gut geflossen, stark gebläht	3,2	2,2	31 : 69	„ 320	„ „ starkes Blähen
7	Thyssen	gut geflossen, sehr stark gebläht	7,6	5,2	32 : 68	„ 360	„ „ sehr starkes Blähen.

Zahlentafel 4.

Kohlenart	Ausbeute an Urteer vH	Gehalt des Urteers an		Sauerstoffgehalt der Kohle vH
		festem Paraffin vH	Phenolen vH	
Gasflammkohlen	10 bis 14	1 bis 2	40 bis 45	15 bis 19
Gaskohlen	5 „ 8	1 „ 2	25 „ 35	10 „ 14
Fettkohlen	3 „ 4	1 „ 2	15 „ 25	5 „ 10
Magerkohlen	1,5	—	—	3 „ 5

Bei den Ruhrkohlen[1]) geben die jüngsten die höchsten Ausbeuten an Urteer. Da diese Kohlen auch sauerstoffreicher als die geologisch älteren sind, so enthält der Urteer eine große Menge von Phenolen; denn diese stammen nicht vom Bitumen, sondern von der sauerstaffhaltigen Kohlensubstanz, die Benzolstruktur hat. Die Menge der bei der Verschwelung der Steinkohlen gebildeten sauerstoffhaltigen Destillationserzeugnisse, der Phenole, geht parallel mit dem Sauerstoffgehalt der Kohlen, Zahlentafel 4. Der Urteer der sauerstoffreichsten Steinkohlen, der Gasflammkohlen, besteht fast zur Hälfte aus Phenolen. Bei den älteren Kohlen nimmt die Urteerausbeute immer mehr ab und ebenso auch der Phenolgehalt der betreffenden Urteere. Die Magerkohlen geben fast keinen Urteer. Bezüglich der Kohlenwasserstoffe des Urteers ist zu sagen, daß sie in vieler Beziehung dem rohen Erdöl ähneln[2]). Die leichtest siedenden sind als ein Benzin anzusprechen, das dem aus kaukasischem Erdöl stammenden gleicht. Benzolkohlenwasserstoffe und Naphthalin, die typischen Bestandteile des Kokereiteeres, sind im Urteer nur in ganz verschwindenden Mengen enthalten. Der wesentliche Unterschied im Charakter der Kohlenwasserstoffe von Urteer und Kokereiteer erklärt sich aus der Zusammensetzung des Kohlenbitumens, das bei schonender Destillation wasserstoffreiche aliphatische und hydroaromatische Stoffe liefert, während die wasserstoffarmen aromatischen Kohlenwasserstoffe des Kokereiteers erst durch einen Krackprozeß, vor allem jedoch durch Reduktion der Urteerphenole entstehen[3]).

Für die Verwertbarkeit einer Kohle zur Urteererzeugung spielt zwar die Teerergiebigkeit eine ausschlaggebende Rolle, doch kommt es auch darauf an, wie der Destillationsrückstand, der Halbkoks, beschaffen ist. Dieser ist auch bei backenden Kohlen meist sehr porös und zerreiblich und hat ein niedriges spezifisches Gewicht. Seine Verwendung verursacht deshalb große Schwierigkeiten. Erwünscht ist seine leichte Zerreiblichkeit nur dann, wenn er zur Kohlenstaubfeuerung verwendet werden soll. Als rauchloser Brennstoff, wofür er sich wegen seines hohen Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen sehr gut eignen würde, muß er jedoch eine entsprechende Festigkeit haben. Durch Druckanwendung während der Teerabgabe[4]) erhält man zwar einen dichteren Halbkoks, doch stößt die praktische Durchführung des Verfahrens auf Schwierigkeiten. In letzter Zeit haben Fischer und Krönig[5]) aus einem Gemisch von feingepulverten backenden und zum Teil auch treibenden Kohlen mit Halbkoks oder nicht backenden

[1]) Franz Fischer und Gluud, Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 3 (1918) S. 248.
[2]) Vgl. Franz Fischer. Ber. Dtsch. Chem. Ges. Bd. 56 (1923) S. 1791
[3]) Franz Fischer und H. Schrader, „Brennstoff-Chemie" Bd. 1. (1920) S. 4.
[4]) Franz Fischer, Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 3 (1918) S. 102.
[5]) „Brennstoff-Chemie" Bd. 5 (1924) S. 301.

Zahlentafel 5.

	Flüchtige aliphatische Säuren		nicht flüchtige Säuren	
	Menge vH	Art	Menge vH	davon ermittelte aromatische Säuren
Braunkohle	14	Ameisensäure, Essigsäure, geringe Mengen höherer Fettsäuren	34	Benzoesäure, Phthalsäure, Terephthalsäure, Trimellithsäure, Pyromellithsäure, Benzolpentakarbonsäure, Mellithsäure
Steinkohle	nicht bestimmt		30	Benzoesäure, Phthalsäure } 12 vH, Isophthalsäure, Terephthalsäure, Trimesinsäure, Benzolpentakarbonsäure, Mellithsäure

Kohlen einen festen, dichten Halbkoks mit einem spezifischen Gewicht bis zu 0,99 erhalten. Die Art und die richtige Bemessung des Bitumens ist also auch hier sehr wichtig; denn die Herstellung eines brauchbaren Halbkokses ist für die Wirtschaftlichkeit der Urverkokung von ausschlaggebender Bedeutung.

Während von der bisher besprochenen Verwertbarkeit der Kohlen, die hauptsächlich von der Menge und den Eigenschaften des Bitumens abhängt, heute in großem Maßstabe Gebrauch gemacht wird, befindet sich die Verwertung, die sich auf den chemischen Charakter der eigentlichen Kohlensubstanz gründet, erst in den Anfängen oder ist sogar der Zukunft vorbehalten.

Die Verfahren, welche die Kohle durch bloße Einwirkung von Wärme verändern, sind schon erwähnt worden; denn die Verschwelung und Verkokung erstreckt sich naturgemäß nicht nur auf das Bitumen, sondern auch auf die eigentliche Kohlensubstanz. Zu erwähnen wäre noch die sogenannte Bertinierung, die in einer milden Wärmebehandlung der jungen Brennstoffe, Torf und Braunkohle, bei etwa 300 °C besteht, wobei unter Austritt von Wasser und Kohlensäure eine Verminderung des Sauerstoffgehaltes und damit eine Erhöhung des Heizwertes dieser Brennstoffe erreicht wird. Die Kohlensubstanz — das Bitumen lasse ich dabei immer unberücksichtigt — kann dann in der Richtung verändert werden, daß man sie der Einwirkung von Oxydations- oder Reduktionsmitteln unterwirft. Schon vor einigen Jahren wurde die Einwirkung von Ozon[6]) auf Kohlen untersucht, welche die Bildung von karamelartigen Stoffen ergab, die aber nicht weiter studiert wurden. Dann haben Fischer und Schrader[7]) verschiedene Kohlen der Einwirkung von komprimierter Luft bei höherer Temperatur in Gegenwart von Sodalösung unterworfen und konnten bei dieser sogenannten Druckoxydation die Bildung von aliphatischen und aromatischen Säuren erzielen. Diese Arbeiten haben erstmalig den Beweis geliefert, daß die Kohlensubstanz Benzolstruktur hat.

[6]) Franz Fischer, Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 1 (1915/16) S. 26; Franz Fischer und Niggemann, ebenda Bd. 1 (1915/16) S. 30; Franz Fischer und H. Tropsch, ebenda Bd. 2 (1917) S. 160.
[7]) Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 5 (1920) S. 235, 267.

Zahlentafel 6. Hydrierbarkeit von Steinkohlen durch Jodwasserstoffsäure.

Kohlenart	Koksausbeute vH	In Chloroform löslich	
		vor der Hydrierung vH	nach der Hydrierung vH
Gasflammkohle	64	1,5	70
Fettkohle	78	0,7	55
Halbfette Eßkohle	85	0,6	18
Anthrazitische Magerkohle	89	0,5	12

Zahlentafel 7. Hydrierbarkeit der Kohlen durch Natriumformiat.

An ätherlöslichen Hydrierungsprodukten wurden erhalten in vH der behandelten Kohle

Steinkohlen		Braunkohlen	
Anthrazit	1,6	Lignit	26,8
Fettkohle	9,2	Braunkohlenhalbkoks	32,4
Steinkohlenhalbkoks	9,8	Alkalilösliche Braunkohle	36,3
Magerkohle	10,7	Huminsäuren	37,1
Selbstentzündliche Fettkohle	26,3	Sächsische Schwelkohle	43,4
Gasflammkohle	39,2	Rheinische Braunkohle	45,0

Die durch Druckoxydation aus der Braunkohle und der Steinkohle gewonnenen Säuren sowie ihre ungefähren Mengen sind in Zahlentafel 5 angeführt. Wie man sieht, handelt es sich hauptsächlich um Benzolkarbonsäuren, vor allem Benzoesäure und Phthalsäure, die aus Steinkohlen in einer Menge von etwa 12 vH erhalten werden konnten. Erhitzt man die Salze der höheren Benzolkarbonsäuren unter Druck, so kann man die Karboxylgruppe ganz oder teilweise abspalten und niedrigere Benzolkarbonsäuren, wie Benzoesäure, oder Benzol, erzeugen. Es gelingt also, einen wesentlichen Teil der aromatischen Kohlensubstanz zu chemisch verwertbaren Produkten abzubauen.

Zahlentafel 8. Hydrierung von Braunkohlenhalbkoks nach Bergius Siedepunkte der Produkte.

Halbkoks	14 vH Wasser			
	40 vH Öl	65 bis 280 °C 63 vH	22 vH Phenole	180 bis 215 °C 60 vH
			3 vH Basen	180 bis 260 °C 80 vH
			75 vH Neutralöl	
		über 280 °C 20 vH		
		Rückstand 17 vH	Erweichungspunkt 87 °C	

Noch wichtiger als die Einwirkung von Oxydationsmitteln ist die von reduzierend und hydrierend auf die Kohle wirkenden Stoffen, durch die man ihre sogenannte Verflüssigung erzielt, eine Frage, die für erdölarme Länder von großer Bedeutung ist und wegen der drohenden Erschöpfung der Erdöllager in Zukunft noch mehr Bedeutung gewinnen wird. Die Hydrierung der Kohle, die schon von 50 Jahren von Berthelot[1]) mit Jodwasserstoffsäure, einem technisch allerdings nicht in Frage kommenden Reduktionsmittel, erzielt worden ist, beruht auf einer Entziehung von Sauerstoff und auf einer Anlagerung von Wasserstoff, ist also gleichzeitig ein Reduktions- und Hydrierungsvorgang. Der Vorgang erfolgt um so leichter, je genetisch jünger die Kohle ist. Dies ist verständlich, wenn man bedenkt, daß die Kohlenbildung im wesentlichen ein unter Austritt von Wasser und Kohlensäure fortschreitender Kondensationsvorgang ist, der zu Molekülvergrößerungen führt. Je weniger weit also dieser fortgeschritten, d. h. je jünger der Entstehung nach die Kohle ist, desto leichter wird der Angriff der Reduktions- und Hydrierungsmittel vor sich gehen.

In Zahlentafel 6 sind die bei der Hydrierung von Kohlen verschiedenen Alters mit Jodwasserstoffsäure erzielten Ergebnisse[2]) angeführt. Es wurde untersucht, wieviel Bestandteile in Hundertteilen der Kohle sich nach der Hydrierung in Chloroform lösen, und so ein Maß für den Hydrierungsgrad gewonnen. Dieser nimmt mit steigendem geologischen Alter beständig ab.

Ähnliche Ergebnisse liefert die Hydrierung mit Natriumformiat, die Fischer und Schrader[3]) durchgeführt haben. Zahlentafel 7 zeigt, welche Ausbeuten an ätherlöslichen Hydrierungsprodukten man nach diesem Verfahren erhalten kann. Auch hier lassen sich die am Anfang der genetischen Reihe stehenden Kohlen am leichtesten hydrieren. Die jungen Braunkohlen geben bis zu 45 vH in Äther lösliche Stoffe.

Ein neues Hydrierungsverfahren, dem man heute in der Technik großes Interesse entgegenbringt, ist das von Bergius, das in der Einwirkung von molekularem Wasserstoff auf Kohle besteht. Eine eingehende Untersuchung darüber haben Fischer und Frey[4]) vorgenommen, und sie erhielten ähnliche Ausbeuten an Öl, wie sie mit Natriumformiat erzielt worden sind. Die Hydrierung nach Bergius erfolgt bei nicht backenden Kohlen leichter als bei backenden, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß durch das Backen die große Oberfläche verschwindet, wodurch der gleichzeitige Angriff des Wasserstoffes auf alle Teile der Kohle unmöglich gemacht wird. Am besten lassen sich Sandkohlen hydrieren. Aus einer englischen Kohle von dieser Art wurden bis zu 63 vH Öl erhalten. Am interessantesten war die Hydrierung von Braunkohlenhalbkoks, aus dem bis zu 40 vH destillierbares Öl gewonnen wurden, das erhebliche Mengen Phenole enhielt. Die Hydrierung der Kohle liefert also nicht, wie man annehmen könnte, reine Kohlenwasserstoffe. Das Vorhandensein von Phenolen in den Hydrierungsprodukten ist ein weiterer Beweis für die Benzolstruktur der Kohle. Bei besonderen Versuchen zeigte sich, daß die Phenole unter den bei der Hydrierung nach Bergius angewandten Bedingungen gegen die Einwirkung von Wasserstoff sehr beständig sind. Eine Untersuchung[5]) des bei der Hydrierung von Braunkohlenhalbkoks erhaltenen Öles ergab, daß dieses zu 63 vH von 65 bis 280 °C und zu 20 vH über 280 °C siedet. 17 vH bleiben als Rückstand, der einen Erweichungspunkt von 87 °C hat, Zahlentafel 8. Das bis zu 280 °C siedende Öl enthält 22 vH Phenole, davon sind ⅔ Karbolsäure und Kresole. Ferner sind in dem Öl 3 vH Basen mit sehr hohem Siedepunkt und 75 vH neutrale Öle vorhanden, die nur geringe Mengen, rd. 10 vH, ungesättigte Kohlenwasserstoffe enthalten. Nach der Elementarzusammensetzung muß die Hauptmenge aus zyklischen Kohlenwasserstoffen bestehen.

Die Verwertbarkeit der Kohlen hängt nicht allein von den Eigenschaften der organischen Kohlenbestandteile ab, auch die sogenannten Ballaststoffe: Wasser und mineralische Bestandteile, sind von großem Einfluß. Der hohe Wassergehalt der jungen Brennstoffe, Torf und Braunkohle, ist durch deren kolloiden Zustand bedingt, und seine wirtschaftliche Entfernung ist für die Verwertbarkeit dieser Stoffe von ausschlaggebender Bedeutung. Beim Torf scheinen die Verfahren am aussichtsreichsten zu sein, die auf die Störung der in diesem Kolloid wirkenden Oberflächenkräfte hinauslaufen, wie das Madruckverfahren, durch das nach den neuesten Angaben von Keppeler[6]) etwa 87 vH des ursprünglichen Wassergehaltes durch einmaliges Pressen entfernbar sein sollen. Über ein auf ähnlichen Grundsätzen aufgebautes Verfahren zum mechanischen Entwässern der Braunkohle berichtete unlängst Berl[7]), der durch Zusatz von Ölen, z. B. Phenolen, zu der Rohbraunkohle, eine Verdrängung des Wassers von der Oberfläche der hydrophylen Braunkohlensubstanz erreicht, worauf sich das Wasser abpressen läßt. Auf den kolloiden Zustand der Braunkohle führt man heute auch ihre Brikettierfähigkeit zurück und nicht mehr ausschließlich auf ihren Bitumengehalt.

Die mineralischen Bestandteile spielen insofern eine große Rolle, als einerseits ihre leichtere oder schwerere Entfernbarkeit bei der Aufbereitung der Steinkohle wesentlich ist und anderseits ihre chemische Zusammensetzung und ihr Schmelzpunkt die Verwendbarkeit der Kohle als Brennstoff z. B. bei der Kohlenstaubfeuerung wesentlich beeinflußt.

Die Verwertbarkeit der Kohlen für die verschiedenen Zwecke, wie Kokserzeugung, Urteergewinnung, Ölgewinnung durch Hydrierung, ist an bestimmte Eigenschaften geknüpft, die durch die chemische Konstitution der einzelnen Kohlenbestandteile bedingt sind. Eine Betrachtung ergibt nun, daß sich diese Eigenschaften sehr günstig auf die einzelnen Kohlensorten verteilen, so daß für jeden einzelnen Verwendungzweck genügende Kohlenmengen zur Verfügung stehen. Zur Ölgewinnung durch Hydrieren werden sich besonders die Braunkohlen und nicht backenden jungen Steinkohlen eignen. Die Gasflammkohlen werden vielleicht im Gemisch mit backenden Kohlen für die Urteergewinnung herangezogen werden, während für die Fettkohlen die Verwendung als Kokskohlen schon gegeben ist. Die Magerkohlen kommen vorläufig nur als Brennstoff in Frage. [B 395]

[1]) Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 1 (1915/16) S. 155.
[2]) Franz Fischer und H. Tropsch, Ges. Abh. zur Kenntnis der Kohle Bd. 2 (1917) S. 154.
[3]) „Brennstoff-Chemie" Bd. 2 (1921) S. 161.
[4]) „Brennstoff-Chemie" Bd. 6 (1925) S. 69; siehe dort auch die weitere Literatur.
[5]) H. Tropsch und W. Ter-Nedden, „Brennstoff-Chemie" Bd. 6 (1925) S. 143.
[6]) Z. f. angew. Chemie Bd. 38 (1925) S. 243; s. a. Z. Bd. 68 (1924) S. 589.
[7]) Z. f. angew. Chemie Bd. 33 (1925) S. 427.

2 E 1 - Dreizylinder-Personenzuglokomotive der Süd-Pacific-Bahn.

Von Baurat Dr.-Ing. eh. Metzeltin, Hannover.

RZ 574 Z 1

Zyl.-Dmr.	635 mm	Kesseldruck	15,7 at	Dienstgewicht	200,5 t
Hub der äußeren Zylinder	813 „	Heizfläche, Feuerbüchse	36,2 m²	Tender:	
„ des inneren Zylinders	711 „	„ Heizrohe	834,4 „	Wasservorrat	45,4 m³
Triebrad-Dmr.	1 613 „	„ Rauchrohre	156,7 „	Ö.vorrat	15,1 „
Achsstand	13 792 „	„ Überhitzerrohre	189,3 „	Dienstgewicht	110 „
„ mit Tender	26 574 „	Gesamtheizfläche	666,6 m²	Gesamtdienstgewicht von Lokomotive und Tender	310,5 t
Rostfläche (3204 × 2597)	8,33 m²	Reibungsgewicht	148,0 t		

Die Süd-Pacific-Bahn hat kürzlich sechzehn von der American Locomotive Co. gelieferte Lokomotiven in Dienst gestellt, die nicht nur durch ihre großen Abmessungen, sondern vor allem auch durch die bisher für derartige Lokomotiven noch nicht ausgeführte Achsenanordnung 2 E 1 auffallen[1]). Die genannte Bahn befördert auf ihren Gebirgsstrecken durch die Sierra Nevada sehr schwere Züge über Steigungen von 22 vT.

Da die in Amerika vielfach verwendete Mountain-Type (2 D 1) den Anforderungen nicht mehr entsprach, ging man trotz der zahlreichen Krümmungen, deren Halbmesser auf der freien Strecke bis auf 158 m, in den Bahnhöfen sogar auf 106 m heruntergeht, zu fünf gekuppelten parallelen Achsen mit dem bemerkenswert großen Raddurchmesser von 1613 mm über. Das große Kesselgewicht bedingt, obschon der zulässige Achsdruck 29 t beträgt, drei weitere Achsen, die sich auf ein zweiachsiges führendes Drehgestell und eine hintere Laufachse verteilen.

Der für Ölfeuerung eingerichtete Kessel weist eine Rostfläche von $3204 \cdot 2597$ mm $= 8{,}33$ m² auf, eine Verbrennungskammer von 1880 mm Länge und 261 Heizrohre mit 57 mm äußerem Dmr. sowie 50 Rauchrohre mit 140 mm Dmr. von 7163 mm Länge. Der Innendurchmesser des Kessels beträgt 2243 mm. Die Feuerbüchse — wie in Amerika üblich, aus Stahl — ist mit dem Mantel durch 2342 Stehbolzen verbunden, von denen 1350 beweglich sind. Der Überhitzer entspricht der Regelausführung der Locomotive Superheater Co., doch liegt der Regler in der Rauchkammer, also zwischen Überhitzer und Zylinder. Klappen zum Regeln des Zuges im Überhitzer sind entfallen. Zur Kesselspeisung dient eine mit dem Vorwärmer, Bauart Worthington, verbundene Speisewasserpumpe auf der linken und eine Strahlpumpe auf der rechten Seite. Alle Hilfseinrichtungen, wie Speisewasserpumpe, Luftpumpe, Bläser, Lichtdynamo, Zusatzmaschine der hinteren Laufachse usw., werden mit Heißdampf betrieben. Dadurch ergibt sich selbst beim Stillstand der Lokomotive ein Dampfdurchfluß durch den Überhitzer, da eine der Hilfseinrichtungen wahrscheinlich stets im Betriebe sein wird.

[1]) 2 E 1-Tenderlokomotiven für 1067 mm Spurweite und 70 t Dienstgewicht hat die Firma Dübs, Glasgow, bereits vor 30 Jahren für die Natal-Regierungsbahn geliefert.

Zur Verringerung der Kolbendrücke wurde ein Antrieb durch drei Zylinder gewählt, die zwar gleichen Durchmesser, jedoch verschiedenen Hub erhalten, da für das innere Triebwerk, das die zweite gekuppelte Achse antreibt, der für außen gewählte Hub von 813 mm auf 711 mm verkleinert werden mußte. Die äußeren Zylinder treiben die dritte gekuppelte Achse an. Die drei Zylinder ergeben, mit einem Wert von $\eta = 0{,}85$ gerechnet, eine Zugkraft von 37 870 kg, entsprechend einem Reibungswert von $\mu = 3{,}8$. Die Schieber für die Außenzylinder werden durch Heusinger-Steuerung betätigt, der für den inneren durch Zusammensetzung der Bewegungen der beiden Außenschieber. Zur Übertragung dienen die nach vorn durchgeführten Schieberstangen der äußeren Schieber.

Für den Barrenrahmen hat Stahlformguß Verwendung gefunden, die Rahmendicke beträgt 152 mm, während man sich bisher mit 102 oder 127 mm begnügte. Die für die oben erwähnten Krümmungen erforderliche Kurvenläufigkeit wird erzielt durch einen Ausschlag des vorderen Drehgestells von ± 140 mm und seitliche Verschiebbarkeit der vordersten Kuppelachse. Es bleibt mithin ein fester Radstand von rd. 5 m. Die hintere Laufachse ist in dem bekannten, neuerdings in Amerika viel angewendeten Deichselgestell, Bauart Commonwealth, gelagert. Die weit ausladenden Arme des Gestelles gestatten die Anwendung von breiten Auslagen. Dieses Gestell ist mit einer Zusatzmaschine (booster) versehen, die eine Erhöhung der Zugkraft beim Anfahren usw. um 5440 kg ergibt.

Auch der Tender hat einen Stahlgußrahmen, der einen zylindrischen Wasserbehälter von 45,4 m³ Inhalt und einen rechteckigen Ölbehälter von 15,1 m³ trägt. Die Drehgestelle sind dreiachsig, eine sich bei derartig großräumigen Tendern in Amerika immer mehr einbürgende Bauweise.

Das Gesamtgewicht von Lokomotive und Tender beträgt 310,5 t, also etwa soviel, wie ein deutscher D-Zug von 8 Wagen oder 32 Achsen wiegt. [B 574]

Ölverladeanlage in Argentinien.[2])

Bei Commodoro Rivadavia in der Bucht von Caleta Cordoba ist die erste argentinische Seeverladeanlage für Öl-Tankdampfer gebaut worden, um die hohen Kosten eines Hafenbaues zu sparen. Von einigen an Land stehenden Rohölbehältern sind Rohrleitungen[3]) senkrecht zum Ufer im Meeresboden verlegt worden. Sie endigen ungefähr 4 km von der Brandung entfernt in tiefem Wasser. Das Verladerohr ist an einem massiven Pfeiler hochgeführt. Dieser ist am untern Ende aus Eisenbeton hergestellt und trägt am oberen Ende ein Eisengerüst mit Bedienungsbühne, das bei höchstem Wasserstand 1 m herausragt. Durch einen beweglichen Schlauch wird die Verbindung zwischen dem Tankdampfer und dem Seepfeiler hergestellt. Eine Pumpanlage drückt das Öl zum Schiff. Im allgemeinen kann ein Schiff mit 12 000 t fassendem Laderaum innerhalb 6 h wieder in See gehen.

Die Anlage ist von H. F. Schmidt, Hamburg und Buenos Aires, für die Argentinische Ölgesellschaft Astra Argentinia gebaut worden. Ähnliche Anlagen befinden sich bereits an der Küste des Golfes von Mexiko. Diese haben jedoch an Stelle des Pfeilers einen beweglichen Ladeschlauch, der, an einer Boje befestigt, für gewöhnlich auf dem Meeresboden ruht. [N 12] Gw.

[2]) „Petroleum“ Bd. 36 (1924) S. 2035.
[3]) Vergl. Z. Bd. 62 (1918) S. 497, Bd. 58 (1914) S 35, Bd. 57 (1913) S. 1162.

Der Wärmeübergang bei kondensierendem Heißdampf.

Von Dr.-Ing. W. Stender, Berlin.

Es wird theoretisch nachgewiesen, daß die Wärmeübergangszahl von überhitztem Dampf an Wasser nur so lange gilt, wie der Dampf nicht kondensiert. Die Wärmeübergangszahl wächst mit zunehmender Kondensation bis zu dem Wert der Wärmeübergangszahl von Sattdampf an Wand. Daher hat eine Heizfläche eine größere Wirkung, eine Rohrleitung größere Wärmeverluste bei überhitztem Dampf als bei Sattdampf von gleichem Druck.

Über die Verwendbarkeit von überhitztem Dampf zu Heizzwecken herrschen irrige Ansichten, die darauf fußen, daß die Wärmeübergangszahl von überhitztem Dampf im Vergleich mit demselben Wert von Sattdampf gering ist.

Mit dieser Begründung sucht auch M. Hirsch[1]) nachzuweisen, daß Versuche, worüber Sprague[2]), leider ohne genauere Angaben, berichtet und die ergeben hatten, daß mit Heißdampf die gleiche Heizwirkung wie mit Sattdampf erzielt wird, keine allgemein gültigen Schlüsse erlauben. Gegen Hirsch wendet sich wieder Colborn[3]) mit einfach logischen Ausführungen, allerdings ohne Hirsch widerlegen zu können. So stehen einmal wieder Theorie, Logik und Praxis einander gegenüber. Der Streit kann nur entschieden werden, wenn entweder im Versuch oder in den logischen Schlüssen oder schließlich in der Anwendung der Theorie ein Fehler nachgewiesen wird. Das soll im folgenden geschehen.

Hirsch geht davon aus, daß die Wärmeübergangszahl von Heißdampf an eine Rohrwand 50mal geringer ist als diejenige von der Rohrwand an Wasser, während die Wärmeübergangszahl von Naßdampf an Wand 5 mal so groß ist als diejenige von Wand an Wasser, so daß sich die Wärmeübergangszahl von Heißdampf an Wand zur Wärmeübergangszahl von Naßdampf an Wand wie 1 : 250 verhielte. Ferner stellt sich Hirsch vor, daß ein Teil der Kondensatoroberfläche nur dazu diene, die Überhitzungswärme des Heißdampfes abzuführen, ein zweiter Teil nur dazu, die Verdampfwärme abzuleiten und ein dritter Teil nur dazu, das Kondensat zu unterkühlen.

Das sind zwei Irrtümer. Erstens findet, wenn man sich den Kondensator als ein langes Rohr vorstellt, längs der ganzen Oberfläche gleichzeitig Abführung der Überhitzungswärme, Kondensation des Heißdampfes und Unterkühlung des Kondensats statt. Zweitens ist das Verhältnis der Wärmeübergangszahlen von Heißdampf und Naßdampf, sofern die Möglichkeit von Kondensation vorliegt, unter sonst gleichen Umständen nicht unveränderlich, sondern es nimmt mit abnehmendem Temperaturunterschied zwischen Heißdampf und Naßdampf von gleichem Druck bis auf 1 : 1 ab. Beides läßt sich leicht beweisen.

Der Wärmeübergang bei Heißdampf und Naßdampf.

Wir legen die Annahme von Hirsch zugrunde, wonach sich die Wärmeübergangszahlen von

	Wand-Wasser	Naßdampf-Wand	Heißdampf-Wand
verhalten wie	1	5	1/50

Dann müssen sich die Temperaturunterschiede von

	Wand-Wasser	Naßdampf-Wand	Heißdampf-Wand
verhalten wie	10	2	500

und die Temperaturen bei 1 at abs betragen bei

Wasser	Wand	Sattdampf	Heißdampf
88	98	100	— °C
90	100	—	600 °C,

wenn in jedem Fall z. B. 20 000 kcal/m²h übertragen werden sollen. Es ist also in kcal/m²h °C

$\alpha_{Wasser} = 2000$ $\alpha_{Naßdampf} = 10\,000$ $\alpha_{Heißdampf} = 40.$

Der Vergleich auf dieser Grundlage bringt jedoch noch kein klares Bild. Wir müssen vielmehr in beiden Fällen gleichen Dampfdruck und gleiche Kühlwassertemperatur annehmen. Die Temperaturen betragen dann bei Heißdampf

88	100	—	700 °C,

wobei mit $\alpha_{Wasser} = 2000$ und $\alpha_{Heißdampf} = 40$ 24 000 kcal/m²h übertragen werden.

Es fällt hier schon auf, daß bei gleichem Dampfdruck und gleicher Kühlwassertemperatur bei überhitztem Dampf 20 vH mehr Wärme übertragen wird als bei Naßdampf und nicht weniger, wie Hirsch annimmt.

Bei den obigen Temperaturen gibt der Heißdampf nach Voraussetzung nur Überhitzungswärme ab. Hierbei nimmt seine Temperatur ab. Wenn sich die Wärmeübergangszahlen auf beiden Seiten der Wand nicht ändern, so muß auch das Verhältnis der Temperaturunterschiede Dampf-Wand zu Wand-Wasser unverändert bleiben. Die Temperatur des Kühlwassers liegt fest; auch die Temperatur des Heißdampfes ist gegeben. Infolgedessen muß die Temperatur der Rohrwand auf der Dampfseite, wenn z. B. die Heißdampftemperatur auf 300 °C gesunken ist, auf rd. 92 °C abnehmen.

Bekanntlich vollzieht sich der Wärmeübergang von überhitztem Dampf an eine Wand in der Weise, daß sich im Dampf von der Rohrachse zur Rohrwand eine stetige Temperaturabnahme von einem Höchstwert ϑ_{max} in der Rohrachse auf die Temperatur t der Rohrwand selbst einstellt, so daß die mittlere Dampftemperatur in dem betrachteten Rohrquerschnitt ϑ_m ist, Abb. 1. Hat die Wand also 92 °C, so muß auch der Dampf an der Rohrwand diese Temperatur annehmen, und er kann erst in einem bestimmten Abstand y_0 von der Wand 100 °C haben. Da wir Dampf von 1 at abs angenommen haben, so müßte der Dampf in einer Schicht von der Dicke y_0 unterkühlt werden. Eine Unterkühlung auf die Wandtemperatur, die vielleicht theoretisch denkbar wäre, wird aber unmöglich, wenn die Wassertemperatur etwa 10 ° und die Temperatur der Rohrwand etwa 20 ° beträgt. Die Annahme der Unterkühlung muß also ausgeschaltet werden, man muß vielmehr damit rechnen, daß der Dampf nicht unter 100 ° hat, und das Gleiche gilt von der Wand, sofern sich nicht an der Wand eine Kondensatschicht bildet, die auf der Dampfseite 100 °, auf der Wandseite nach den Gesetzen der Wärmeleitung eine geringere Temperatur hat. Der Einfluß dieser Kondensatschicht sei in folgendem vernachlässigt und als Temperatur der Rohrwand selbst 100 ° festgesetzt. Dann wird unabhängig von der Temperatur des Heißdampfes stets die gleiche Wärmemenge von der Wand an das Wasser abgeführt und auch stets die gleiche Wärmemenge vom Dampf an die Wand abgegeben, auch wenn der Temperaturunterschied zwischen Heißdampf und Rohrwand von 700 — 100 = 600 auf z. B. 300 — 100 = 200 ° gefallen ist. Also muß, wenn man den Quotienten aus der übertragenen Wärmemenge Q und dem Temperaturunterschied $(\vartheta_m - t)$ allgemein mit β bezeichnet und als Wärmeübergangszahl ansieht, die Gleichung bestehen

$$Q = \alpha\,(\vartheta_m' - t) = \beta\,(\vartheta_m'' - t) \quad . \quad . \quad (1),$$

so daß die Wärmeübergangszahl β bei gegebener abzuführender Wärmemenge umgekehrt proportional dem Temperaturunterschied $(\vartheta_m - t)$ ist

Abb. 1. Temperaturverteilung im Rohr mit ebener Wand (bei Strömung ohne Turbulenz mit über den Rohrquerschnitt hin unveränderlicher Geschwindigkeit).

[1]) Vergl. „Power", Bd. 69 (1924) S. 498.
[2]) Vergl. „Power", Bd. 69 (1924) S. 160.
[3]) Vergl. „Power", Bd. 69 (1924) S. 917

Dagegen gibt die Wärmeübergangszahl α, in ihrer ursprünglichen Bedeutung und durch Versuche festgestellten Größe, die durch Wärmeleitung im Dampf an die Wand gebrachte Wärme an und ändert sich zwar mit der Strömgeschwindigkeit, der Dichte usw., aber nicht mit dem Temperaturunterschied. Der Wert β muß also eine andre Größe messen und hat nur die gleiche Dimension wie α.

Wenn nun $\alpha(\vartheta_m - t)$ noch nicht die Wärmemenge ergibt, die notwendig ist, um die Temperatur der Rohrwand auf 100° zu erhalten, so muß noch Wärme auf einem andern Wege und auf eine andre Weise an die Rohrwand gelangen können. Das geschieht durch den Transport der Wärme durch den Dampf selbst. Wenn überhitzter Dampf nicht unterkühlt werden kann, so muß er an der Wand kondensieren. Es verschwindet also ein Dampfvolumen an der Wand, das durch ein gleich großes Volumen aus weiterer Entfernung von der Wand wieder ersetzt werden muß.

Dieses Dampfvolumen, das einer Kondensatmenge G kg/m²h entspricht, bringt also kondensierend $i\,G$ kcal/m²h an die Wand heran, wobei i die Erzeugungswärme des gesättigten Dampfes bedeutet. Im Kondensat laufen $q\,G$ kcal/m²h an der Wand entlang, wenn q die Flüssigkeitswärme des Kondensats ist, so daß (wenn man von der Unterkühlung des Kondensates absieht) $G(i-q) = r\,G$ kcal/m²h an die Wand selbst abgegeben werden können. Außerdem gelangen aber, wenn man die Temperatur des zugeführten Dampfes mit ϑ_m und die Temperatur des Sattdampfes bei gleichem Druck mit t bezeichnet, $c_p(\vartheta_m - t)\,G$ kcal/m²h an die Wand; dies ist die Überhitzungswärme der Dampfmenge, die an der Wand kondensiert wird.

An die Wand gelangt also zunächst durch Leitung die Wärmemenge

$$Q_1 = \alpha(\vartheta_m - t) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2),$$

ferner durch Kondensation die Wärmemenge

$$Q_2 = r\,G \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3),$$

im ganzen somit

$$Q = Q_1 + Q_2 = r\,G + \alpha(\vartheta_m - t) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (4).$$

Nun hatte aber der kondensierte Dampf bei Eintritt in den betrachteten Querschnitt einen für die Wärmeabgabe verfügbaren Wärmeinhalt von

$$Q = G\,[r + c_p(\vartheta_m - t)] \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5).$$

Aus dem Vergleich von Gl. (4) und Gl. (5) ergibt sich, daß

$$\alpha = G\,c_p \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

sein muß. Also auch die Wärmeübergangszahl α ist, sobald die Wärmeabgabe mit Kondensation verbunden ist, keine unveränderliche Größe mehr.

Es sei bemerkt, daß wir hier die grundlegende Ursache für die Zunahme der Wärmeübergangszahl mit der Strömgeschwindigkeit bei turbulenter Strömung vor uns haben. Auch diese Zunahme beruht auf Übertragung von Wärme durch die Flüssigkeitsteilchen auf ihrer Wanderung von der Rohrachse zur Rohrwand[1]).

Mit Gl. (5) wird aus Gl. (1)

$$\beta = \frac{Q}{\vartheta_m - t} = \frac{r\,G}{\vartheta_m - t} + G\,c_p \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (7);$$

β wird also um so größer, je kleiner $(\vartheta_m - t)$ wird. Für verschwindenden Temperaturunterschied wird also $\beta = \infty$. Darum wird aber nicht der Wärmeübergang von Dampf an Wand unendlich groß; denn der kondensierende Dampf bildet an der Wand eine Kondensatschicht, die gewissermaßen einen natürlichen Wärmeschutz darstellt und die Wärmedurchgangszahl $\frac{\lambda}{\delta}$ hat, wobei δ die Dicke der Kondensatschicht und λ die Wärmeleitfähigkeit des Wassers bedeutet.

[1]) Vergl. Stender, „Der Wärmeübergang an strömendes Wasser" Berlin 1924, Julius Springer.

Ich benutze die Gelegenheit, Druckfehler in diesem Buch richtigzustellen: Gl. (60) soll nicht $\tau = t_m + 0{,}1\,(\tau - t_m)$, sondern $\tau = t_m + 0{,}1\,(T_i - t_m)$ lauten.

S 74 Zeile 19 von oben: es muß „in geringem Maße abhängig", statt „unabhängig" heißen.

Die Wärmeübergangszahl k von Dampf an Wand ist daher allgemein

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\beta} + \frac{\delta}{\lambda}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (8).$$

Für δ kann man[2]) angenähert $a\sqrt[3]{G}$ setzen, wobei a eine von der Bauart der Einrichtung abhängige Konstante ist. Setzt man in Gl. (8) für β den Wert aus Gl. (7) ein, so ist

$$k = \frac{1}{\frac{\vartheta_m - t}{G\,[r + c_p(\vartheta_m - t)]} + \frac{a\sqrt[3]{G}}{\lambda}} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (9).$$

Bei verschwindendem Temperaturunterschied wird also

$$k = \frac{\lambda}{a\sqrt[3]{G}}.$$

Dies ist aber die Wärmeübergangszahl von Naßdampf an Wand, die nach der „Hütte" bis zu 10000 kcal/m²h °C betragen kann.

Damit ist bewiesen, daß die Wärmeübergangszahl von Heißdampf an Wand der Wärmeübergangszahl von Naßdampf an Wand gleich werden kann. Bedingung ist, daß der Wärmeübergang nicht durch Leitung allein, sondern auch durch Kondensation erfolgt. Damit ist auch bewiesen, daß nicht ein Teil der Heizfläche die Überhitzungswärme und ein andrer die Verdampfungswärme abführt, sondern daß beide Wärmemengen gleichzeitig auf der gleichen Fläche abgeführt werden.

Während obige Ausführungen die aufgestellten Behauptungen nur logisch bekräftigen, soll nachstehend der Beweis auch noch streng analytisch geführt werden, woraus sich weitere Aufschlüsse ergeben werden. Dabei ist zu unterscheiden, ob der Dampf parallel zur Heizfläche strömt oder ob er ruht.

Der Wärmeübergang bei ruhendem Heißdampf.

Es bedeuten:

- Q die auf 1 m² Bodenfläche in 1 h übertragene Wärmemenge in kcal/m²h,
- D die in 1 h zugeführte Dampfmenge in kg/h,
- G die auf 1 m² Bodenfläche in 1 h kondensierende Dampfmenge in kg/m²h,
- Θ die Temperatur des zugeführten Dampfes,
- ϑ die Temperatur des Dampfes an einer beliebigen Stelle,
- ϑ_m die mittlere Temperatur des Dampfes in einem Rohrquerschnitt,
- t die Sättigungstemperatur des Dampfes,
- t_0 die Temperatur des die Wärme aufnehmenden Stoffes (Temperatur der Umgebung),
- γ das spezifische Gewicht des Dampfes bei Sättigungstemperatur in kg/m³,
- w die Strömgeschwindigkeit des Dampfes parallel zur Heizfläche in m/s,
- i den Wärmeinhalt des Sattdampfes in kcal/kg,
- r die Verdampfungswärme des Sattdampfes in kcal/kg,
- q die Flüssigkeitswärme des Kondensats in kcal/kg,
- λ die Wärmeleitfähigkeit in kcal/m²h °C,
- c_p die spezifische Wärme des Dampfes in kcal/kg °C,
- d einen Rohrdurchmesser in m,
- R einen Rohrhalbmesser in m,
- α_1 die Wärmeübergangszahl von Heißdampf an Rohrwand ohne Kondensation,
- α_2 die Wärmeübergangszahl von der inneren Rohrwand an den die Wärme aufnehmenden Stoff,
- y die Koordinatenrichtung rechtwinklig zur Heizfläche,
- x die Koordinatenrichtung parallel zur Dampfströmung.

Der Boden eines prismatischen Gefäßes, Abb. 2, werde ständig vom Kühlwasser mit der Temperatur t_w bespült, während die übrigen Wände wärmedicht sind. Durch den Deckel wird Dampf von Θ°C zugeführt. Die Sättigungstemperatur dieses Dampfes sei t. Der Einfluß der Kondensatschicht sei wiederum vernachlässigt, so daß auch die Wand die Temperatur t habe.

[2]) Vergl. W. Nußelt, Oberflächenkondensation des Wasserdampfes. Z. Bd. 60 (1916) S. 541.

Fassen wir nun ein Raumteilchen $dx\,dy\,dz$ ins Auge und betrachten wir, welche Wärmemenge dQ durch die Fläche $dx\,dz$ bei y in dieses Raumteilchen in der Zeiteinheit $d\zeta$ eintritt und bei $y - dy$ aus ihm heraustritt, wenn dem Gefäß G kg/m²h Dampf, bezogen auf die Bodenfläche, zugeführt werden. Durch Leitung treten bei y ein

$$dQ_1 = \lambda \frac{\partial \vartheta}{\partial y} dx\,dy\,dz\,d\zeta \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

und treten bei $y - dy$ aus

$$dQ_2 = -\lambda \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial y} - \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} dy\right) dx\,dy\,dz\,d\zeta \quad . \quad . \quad . \quad (11).$$

Durch Dampfströmung treten bei y ein

$$dQ_3 = G[r + c_p(\vartheta - t)]\,dx\,dz\,d\zeta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

und treten bei $y - dy$ aus

$$dQ_4 = -G\left[r + c_p(\vartheta - t) - c_p \frac{\partial \vartheta}{\partial y} dy\right] dx\,dz\,d\zeta \quad (13).$$

Addiert man diese Wärmemengen, so erhält man die Wärme, die in der Zeit $d\zeta$ im Raumteilchen $dx\,dy\,dz$ eine Zunahme des Wärmeinhalts dJ bewirkt.

Der Wärmeinhalt dieses Raumteilchens zur Zeit ζ ist

$$J_1 = \gamma \frac{t_{abs}}{\vartheta_{abs}} [r + c_p(\vartheta - t)]\,dx\,dy\,dz \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

wobei γ das spezifische Volumen des Sattdampfes und t_{abs} und ϑ_{abs} die absoluten Temperaturen des Sattdampfes und des überhitzten Dampfes bedeuten.

Zur Zeit $\zeta + d\zeta$ ist der Wärmeinhalt

$$J_2 = J_1 + \frac{\partial J}{\partial \zeta} d\zeta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15).$$

Der Unterschied ist

$$dJ = -\frac{1}{2} \gamma \frac{t_{abs}}{\vartheta^2_{abs}} [r + c_p(\vartheta - t)] \frac{\partial \vartheta}{\partial \zeta} dx\,dy\,dz\,d\zeta \quad (16),$$

so daß die Differentialgleichung lautet

$$\lambda \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} + c_p G \frac{\partial \vartheta}{\partial y} = -\frac{1}{2} \gamma \frac{t_{abs}}{\vartheta^2_{abs}} [r + c_p(\vartheta - t)] \frac{\partial \vartheta}{\partial \zeta} \quad (17).$$

Im Beharrungszustand, d. h. wenn jeder Punkt des Raumes dauernd seine Temperatur beibehält, ist $\frac{\partial \vartheta}{\partial \zeta} = 0$. Die Differentialgleichung lautet dann

$$\lambda \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} + c_p G \frac{\partial \vartheta}{\partial y} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

und ihre Lösung

$$\vartheta - t = (\Theta - t)\left(1 - e^{-\frac{c_p G}{\lambda} y}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19).$$

Das ist die Gleichung des Temperaturverlaufs rechtwinklig zur Wand, der in Abb. 3 für zwei verschiedene Werte von G dargestellt ist.

Bekanntlich ist die durch Leitung an die Wand abgeführte Wärmemenge Q jederzeit

$$Q = \lambda \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial y}\right)_{Wand} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (20).$$

Abb. 2. Kondensation von ruhendem Heißdampf.

Abb. 3. Temperaturverlauf an gekühlter Wand bei ruhendem Dampf.

Wir finden diesen Wert, indem wir Gl. (19) differenzieren und $y = 0$ setzen:

$$Q_1 = \lambda \left(\frac{d \vartheta}{d y}\right)_{Wand} = c_p G (\Theta - t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (21).$$

Zu dieser Wärmemenge tritt noch die durch Kondensation von G kg Dampf an die Wand abgegebene Wärmemenge $Q_2 = rG$, so daß insgesamt

$$Q = Q_1 + Q_2 = G[r + c_p(\Theta - t)].$$

Das ist die ganze der Einrichtung zugeführte Dampfwärme.

Die Werte gelten nur für den Fall, daß durch Leitung genau die Wärmemenge abgeführt wird, welche der Überhitzungswärme des kondensierten Dampfes oder des gleichzeitig zugeführten Dampfes entspricht. Stellen wir uns aber vor, der Beharrungszustand werde dadurch gestört, daß plötzlich weniger Wärme von der Wand abgenommen wird, also z. B. $Q'' = \frac{Q'}{2}$ wird. Im ersten Augenblick besteht an der Wand noch das Temperaturgefälle $\left(\frac{d \vartheta}{d y}\right)'$, es wird daher durch Leitung der Wand immer noch die Wärmemenge $\lambda \left(\frac{d \vartheta}{d y}\right)' = G' c_p (\Theta - t)$ zugeführt. Im ganzen nimmt aber die Wärme der Wand nur um $\frac{Q'}{2}$ ab, so daß sich die wirklich kondensierte Dampfmenge ergibt aus

$$rG = Q'' - c_p(\Theta - t)G' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (23).$$

Im neuen Beharrungszustand gilt dagegen

$$rG'' = Q'' - c_p(\Theta - t)G'' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (24).$$

Da nun $G' > G''$ ist, so muß $G < G''$ sein.

Im ersten Augenblick nach der Störung wird also weniger Dampf kondensiert als im neuen Beharrungszustand, aber mehr Überhitzungswärme abgeführt. Also wird bedeutend mehr Überhitzungswärme abgeführt, als die kondensierende Dampfmenge abgeben kann, d. h. als der Einrichtung gleichzeitig zugeführt wurde. Die Temperatur im Gefäß nimmt infolgedessen ab, wobei der Temperaturverlauf nach Linie a in Abb. 3 in den Verlauf nach Linie b übergeht. Theoretisch kann, wenn die Wärmeabnahme von der Wand genügend stark verringert wird, die Kondensation zunächst ganz aufhören, sogar eine Verdampfung des Kondensats an der Wand eintreten.

Das umgekehrte Bild ergibt sich, wenn plötzlich eine größere Wärmemenge von der Heizfläche abgenommen wird. Zunächst besteht noch das Wärmegefälle $\left(\frac{d \vartheta}{d y}\right)$, so daß nur die Überhitzungswärme $c_p(\Theta - t)G'$ abgeführt wird, während der neue Beharrungszustand die Wärmemenge $c_p(\Theta - t)G''$ verlangt. Wieder sind Gl. (23) und (24) maßgebend, wobei jedoch $G' < G''$ ist und infolgedessen $G > G''$ sein muß. Es kondensiert zwar eine größere Dampfmenge, als dem neuen Beharrungszustand entspricht, und muß daher auch eine größere Dampfmenge zugeführt werden, aber die dieser Dampfmenge entsprechende Überhitzungswärme wird nicht voll abgeführt. Die Wärmemenge $c_p(G' - G)(\Theta - t)$ steigert die Temperatur im Gefäß, was den Übergang vom Temperaturverlauf nach Linie b in den nach Linie a ermöglicht.

Wärmeübergang bei strömendem Heißdampf.

Ein Strömen des Dampfes parallel zur Heizfläche liegt vor bei einem langen Rohr, das als Kondensator dient, wie auch bei einem gewöhnlichen Röhrenkondensator.

Wir denken uns ein Rohr von rechteckigem Querschnitt, Abb. 4, von dem drei Seitenflächen wärmedicht sind, dessen vierte aber als Heizfläche dient. Die Höhe dieser wärmedurchlässigen Wand sei h, die Breite des Rohres senkrecht zu dieser Wand sei B. Diesem Rohr werden D kg/h Dampf gleichmäßig über den ganzen Querschnitt verteilt zugeführt. Die Temperatur des Dampfes in irgendeinem Punkte sei ϑ, seine mittlere Temperatur in einem Rohrquerschnitt ϑ_m, die Temperatur der Rohrwand t sei wieder gleich der Sättigungstemperatur des zugeführten Dampfes. Die Differentialgleichung lautet dann

Abb. 4. Kondensation von strömendem Heißdampf.

$$\lambda \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial b^2} + \frac{\partial}{\partial b} G_{x,b}\,[r + c_p(\vartheta - t)] = \frac{\partial J}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}\frac{D_x}{B\,h}\,[r + c_p(\vartheta - t)] \quad . \; (25).$$

Durch Kondensation vermindert sich nach Voraussetzung die strömende Dampfmenge. Bezeichnen wir daher die an der Wand kondensierende Dampfmenge mit G_x, so ist

$$D_x = D - h \int_0^x G_x \,\mathrm{d}x \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (26).$$

Angenommen, daß die Dampfmenge D_x dauernd gleichmäßig über den Rohrquerschnitt verteilt bleibt, dann muß aus jedem Raumteil $\mathrm{d}b\,\mathrm{d}y\,\mathrm{d}z$ die gleiche Dampfmenge $\mathrm{d}G$ verschwinden. Das ist nur möglich, wenn aus jedem Raumteil in der Richtung auf die Wand zu um $\mathrm{d}G$ mehr Dampf austritt, als in ihn eintritt. Die Summe dieser Dampfmengen $\mathrm{d}G$ ergibt an der Wand die Menge G_x, so daß

$$\int_0^B \mathrm{d}G = G_x \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (27).$$

Daraus folgt, daß

$$G_{x,b} = G_x \frac{B - b}{B} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (28)$$

sein muß. Ersetzen wir $\frac{b}{B}$ durch y, so erhalten wir

$$\frac{\lambda}{B}\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} + c_p\,G_x(1 - y)\frac{\partial \vartheta}{\partial y} = c_p\left[D - h\int_0^x G_x\,dx\right]\frac{\partial \vartheta}{\partial x} \; (29).$$

Die rechte Seite dieser Gleichung kann niemals wie bei ruhenden Dampf null werden. Das würde nämlich bedeuten, daß die Temperatur ϑ entlang dem Rohr unveränderlich und für jeden Querschnitt des Rohres

$$Q = G_x[r + c_p(\vartheta_m - t)] \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (30)$$

Abb. 5. Verlauf der mittleren Dampftemperatur an gekühlter Wand bei großer Strömgeschwindigkeit (Rohrleitungen).

wäre, was besagt, daß stets nur die Überhitzungswärme des kondensierten Dampfes abgeführt wird. Bei $G = 0$, d. h. wenn keine Kondensation eintritt, wäre demnach auch die an die Rohrwand abgegebene Wärmemenge $Q = 0$, was natürlich nicht der Fall ist. Also wird mehr Überhitzungswärme abgeführt, als der in Kondensat verwandelte Dampf enthielt, und wir müssen statt Gl. (30) schreiben

$$Q = G_x[r + c_p(\vartheta_m - t)] + X \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (31).$$

Anderseits wird ohne Kondensation die Wärmemenge

$$Q_0 = a_1(\vartheta_m - t) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (32)$$

durch Leitung übertragen. Vergleichen wir diese Gleichung mit Gl. (31) bei $G = 0$, so finden wir

$$X = a_1(\vartheta_m - t) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (33),$$

und infolgedessen ist

$$Q = G_x[r + c_p(\vartheta_m - t)] + a_1(\vartheta_m - t) \; . \; . \; . \; (34).$$

Wir hätten nun in Gl. (29) für G_x den Wert aus Gl. (34) einzusetzen. Es ist aber noch zu bedenken, daß a_1 von der Geschwindigkeit und, weil die Strömgeschwindigkeit wegen Verminderung der strömenden Dampfmenge mit der Rohrlänge abnimmt, auch von x abhängt. Die Gleichung wird dadurch so verwickelt, daß ihre Lösung kaum möglich scheint.

Diese wird leichter bei dem Ansatz

$$\mathrm{d}\{D_x[r + c_p(\vartheta_m - t)]\} = -\pi\,d\,Q\,\mathrm{d}x \; . \; . \; . \; . \; (35),$$

der den Verlauf der mittleren Dampftemperatur ϑ_m in einem Rohr vom Durchmesser d darstellt. Differenziert man die linke Seite, und setzt man für Q den Wert aus Gl. (34), so erhält man

$$c_p\,D_x\frac{\mathrm{d}\vartheta_m}{\mathrm{d}x} = -\pi\,d\,a_1(\vartheta_m - t) \; . \; . \; . \; . \; . \; (36).$$

Für überkritische Dampfgeschwindigkeiten ist angenähert

$$a_1 = b\frac{\lambda_{\rm Wand}}{d}\left(\frac{c_p\,\varrho\,w}{\lambda_{\rm Wand}}\right)^{m-1} = b'\frac{c_p\,D_x}{\pi\,\mathrm{d}^2} \; . \; . \; (37).$$

[Footnote marker 1 printed after $\lambda_{\rm Wand}$ in the denominator.]

Damit wird Gl. (36) zu

$$\frac{\mathrm{d}\vartheta_m}{\mathrm{d}x} = -\frac{b'}{d}(\vartheta_m - t) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (38),$$

und die Lösung dieser Gleichung lautet:

$$(\vartheta_m - t) = (\Theta_m - t)\,e^{-b'\frac{x}{d}} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (39).$$

Dies ist die Gleichung des Verlaufs der mittleren Temperatur von kondensierendem Heißdampf in einer Rohrleitung. Sie deckt sich vollkommen mit der entsprechenden Gleichung für nicht kondensierenden Dampf, wenn man voraussetzt, daß die Temperatur t der Rohrwand unveränderlich ist. Der Temperaturverlust auf einer gegebenen Rohrstrecke ist mit der durch Gl. (37) gegebenen Annäherung unabhängig von der strömenden Dampfmenge, der Strömgeschwindigkeit, der Dichte und der Wärmeübergangszahl a_1; er hängt nur vom Rohrdurchmesser ab und nimmt mit zunehmendem Rohrdurchmesser ab. Gl. 39 gilt nur, solange überkritische Strömgeschwindigkeit herrscht.

Bei Wärmeaustauschern, die allgemein als Kondensatoren bezeichnet seien, ist die Strömgeschwindigkeit gering. In den seltensten Fällen wird die kritische Geschwindigkeit erreicht. Dafür ist aber im allgemeinen Q und damit G so groß, daß $\frac{a_1}{c_p\,G} < 1$ wird.

Für a_1 ist nämlich, wie ich in meinem Buch[2]) nachgewiesen habe, zu setzen

$$a_1 = \frac{\lambda}{R}\,\frac{R\frac{\mathrm{d}t}{\mathrm{d}r}}{\vartheta_m - t} = \frac{\lambda}{R}\,\frac{\frac{R\frac{\mathrm{d}t}{\mathrm{d}r}}{(\vartheta_{\max} - t)}}{\frac{\vartheta_m - t}{\vartheta_{\max} - t}} \; . \; . \; . \; (40),$$

wobei $\vartheta_{\max}$ die höchste Temperatur im betrachteten Rohrquerschnitt ist, und zwar ist

$$\frac{R\frac{\mathrm{d}t}{\mathrm{d}r}}{\vartheta_{\max} - t} = 1{,}02 \quad \text{und} \quad \frac{\vartheta_m - t}{\vartheta_{\max} - t} = 0{,}557.$$

Für ein Rohr von 0,01 m Dmr. wird also mit $\lambda_{\rm Wasserdampf} = 0{,}02$

$$a_1 = 2 \text{ kcal/m}^2\text{ h }^0\text{C} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (41).$$

[1]) In bezug auf $\lambda_{\rm Wand}$ im Nenner vergl. meine Berichtigung zur Formel von Nußelt a. a. O. Gl. 268.
[2]) Vergl. Gl. 148, 215 und 216 a. a. O.

Um auch in diesem Fall auf einfachem Weg ein Ergebnis zu erhalten, das eine Übersicht über den Verlauf der Temperatur gestattet, lassen wir die Forderung, daß stets die gleiche Wärmemenge von Wand an Wasser übertragen werden soll, fallen, und nehmen an, daß auf der ganzen Rohrlänge die gleiche Dampfmenge kondensiert. Unter diesen Umständen können wir G_x als unveränderlich annehmen, und folglich ist

$$D_x = \frac{D(L-x)}{L} = G(L-x) \quad \ldots \ldots (42),$$

wenn D die dem Kondensator stündlich zugeführte Dampfmenge ist. Gl. (36) wird damit

$$c_p\, G\,(L-x)\frac{d\,\vartheta_m}{d\,x} = \pi\, d\, a_1\,(\vartheta_m - t) \quad \ldots \ldots (43),$$

und die Lösung dieser Gleichung lautet:

$$(\vartheta_m - t) = (\Theta - t)\left(1 - \frac{x}{L}\right)^{\frac{a_1}{c_p G}} \quad \ldots \ldots (44).$$

$\vartheta_m - t$ wird also erst mit $x = L$ null, das heißt, der Dampf bleibt bis an das Ende des Kondensators überhitzt, und die Überhitzungstemperatur fällt anfangs desto langsamer ab, je höher die Kondensatorbelastung ist, da der Exponent $\frac{a_1}{c_p G}$ mit zunehmender Kondensatorbelastung abnimmt. Die Kurve der Temperaturänderung ist in Abb. 6 für $\frac{a_1}{c_p G} = \frac{1}{5}$ dargestellt.

Ob nun die Strömgeschwindigkeit groß oder klein ist, in allen Fällen gilt als Wärmeübergangszahl von Dampf an seine Begrenzung, das ist an die Kondensatschicht,

$$\beta = \frac{Q}{\vartheta_m - t} = \frac{G\,r}{\vartheta_m - t} + c_p\, G + a_1 \quad \ldots \ldots (45).$$

Praktisch ist mit diesem Wert nichts anzufangen, weil er nur eine Rechnungsgröße und keine Wärmeübergangszahl ist. Daher kann auch die Überhitzungstemperatur ϑ_m in einer Gleichung von der Form

$$Q = \xi\,(\vartheta_m - t_0) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (46)$$

nicht erscheinen, solange der Heißdampf kondensiert. Als Grundlage für die Berechnung der Wärmeübertragung bei kondensierendem überhitztem Dampf kann nur

$$Q = k'\,(t - t_0) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (47)$$

dienen, worin t die Sättigungstemperatur des überhitzten Dampfes ist. Dabei ist zu setzen

$$k' = \frac{1}{\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{a_2}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (48).$$

Hierin ist a_2 die Wärmeübergangszahl von der Rohrwand auf der Dampfseite an den die Wärme empfangenden Stoff und $\frac{\lambda}{\delta}$ die Wärmedurchgangszahl der Kondensatschicht. $\frac{\delta}{\lambda}$ nimmt mit der Kondensatmenge G ab, diese bestimmt sich aus Gl. (34), die die Überhitzungstemperatur ϑ_m enthält.

Da die Kondensatmenge G unter sonst gleichen Umständen mit zunehmender Überhitzungstemperatur ϑ_m abnimmt, so nimmt die Wärmeübergangszahl k' mit zunehmender Überhitzung zu, bis

$$k'\,(t - t_0) = k\,(\vartheta_m - t_0) \quad \ldots \ldots \ldots (49)$$

wird, wobei

$$k = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (50)$$

und a_1 die bekannte Wärmeübergangzzahl von Heißdampf an Wand ist. k' nimmt also zu, bis der Wärmeübergang ohne Kondensation erfolgt. Dann wird, weil $G = 0$ ist, $k' = a_2$, so daß

$$Q = a_2\,(t - t_0) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (51)$$

wird. Bei weiterer Steigerung der Überhitzungstemperatur ϑ_m wird die Temperatur der Rohrwand unbekannt, jedenfalls wird sie aber größer als die Sättigungstemperatur t des Dampfes. Damit entfällt die Möglichkeit, Gl. (47) anzuwenden, und es tritt

$$Q = k\,(\vartheta_m - t_0) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (52)$$

in Kraft.

Abb. 6. Verlauf der mittleren Dampftemperatur an gekühlter Wand bei Strömung mit sehr geringer Geschwindigkeit: $\frac{a_1}{c_p G} = \frac{1}{5}$ (geschlossener Kondensator).

Bei kondensierendem Heißdampf ist also die auf 1 m² übertragene Wärmemenge

$$Q = k'\,(t - t_0) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (53).$$

k' nimmt mit der Überhitzungstemperatur bis zum Höchstwert $k' = a_2$ zu. Die Überhitzungstemperatur bestimmt sich dabei aus

$$k\,(\vartheta_m - t_0) = a_2\,(t - t_0) \quad \ldots \ldots \ldots (54).$$

Ist $(\vartheta_m - t_0) > a_2\,\frac{t - t_0}{k}$, so findet keine Kondensation statt, und die übertragene Wärmemenge wird durch

$$Q = k\,(\vartheta_m - t_0) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (55)$$

gegeben. Die übergehende Wärmemenge nimmt also bei gegebener Temperatur t_0 und sonst gleichbleibenden Verhältnissen mit zunehmender Überhitzung zu, zunächst weil die Kondensatmengen abnehmen und, nachdem diese null geworden sind, wegen Zunahme des wirksamen Temperaturunterschiedes $(\vartheta_m - t_0)$.

Für die Praxis folgt daraus, daß alle kostspieligen Vorrichtungen zum Beseitigen der Überhitzungswärme des Dampfes vor seiner Verwendung in Heizvorrichtungen nicht nur überflüssig, sondern schädlich sind. Ausnahmen bilden nur die Fälle, wo die Strömgeschwindigkeit so hoch ist, daß in einem Teil des Heizkörpers keine Kondensation des Dampfes erfolgt, die Rohrwand eine höhere Temperatur als die zugehörige Sättigungstemperatur des Dampfes annehmen kann, und der Stoff, der die Wärme von der Wand abnimmt, eine bestimmte Temperatur nicht überschreiten darf. Im übrigen wird die Heizfläche mit überhitztem Dampf stets besser als mit Sattdampf ausgenutzt.

Oft legt man bei langen Rohrleitungen Wert auf Überhitzung des Dampfes, um, wie man meint, Wärmeverluste dieser Leitung zu verringern; das ist selbstverständlich ein Trugschluß. Der Nutzen der Überhitzung besteht nur darin, daß sie die Kondensation des Dampfes in der Leitung verhindert und dadurch die Schwierigkeiten der Beseitigung des Kondensats vermieden werden. Die Wärmeverluste dagegen werden bei überhitztem Dampf größer. Man pflegte bis jetzt die Berechnung so anzustellen, daß man ermittelte, wieviel Wärme in der Leitung verloren geht, und die Überhitzung am Anfang der Leitung so hoch wählte, daß der Unterschied im Wärmeinhalt des überhitzten und des gesättigten Dampfes genügte, um die Wärmeverluste zu decken. Auch diese Berechnungsweise beruht auf einem Trugschluß. Will man die Kondensation des Dampfes in der Leitung überhaupt verhindern, so muß die Überhitzung so hoch sein, daß die Wärmeverluste auch noch am Ende der Leitung durch Überhitzungswärme gedeckt werden. Ist der Dampf am Anfang der Leitung weniger überhitzt, so wird die Kondensation nicht verhindert, sondern nur verringert. Die Überhitzung am Ende wie am Anfang der Rohrleitung muß desto höher sein, je geringer die Strömgeschwindigkeit in der Rohrleitung ist. [B 319]

RUNDSCHAU.

Tagungen des Vereines deutscher Ingenieure.

64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure zu Augsburg-München vom 10. bis 12. Mai 1925.

Am Sonntag, dem 10. Mai, vormittags 9[30] Uhr, wurde die Hauptversammlung durch den Vorsitzenden, Geheimen Baurat Professor Dr. Dr.-Ing. eh. Klingenberg, im Ludwigsbau, Augsburg, eröffnet.

In der kurzen geschäftlichen Sitzung, die den wissenschaftlichen Verhandlungen vorausging, wurden die Beschlüsse des Vorstandsrates bestätigt, wie in Nr. 21 S. 736 bereits mitgeteilt worden ist.

Zum Vorsitzenden des Vereins wurde für den nächsten Amtsabschnitt gewählt: Dr.-Ing. Dr. phil. h. c. Karl Wendt, Mitglied des Direktoriums von Fried. Krupp, A.-G., Essen, zum Beisitzer: Fabrikbesitzer Dr.-Ing. H. Jucho, Dortmund.

Die wissenschaftlichen Verhandlungen leitete der Vorsitzende durch eine Ansprache ein. Er wies darauf hin, daß er zum letztenmal in seiner Amtszeit als Leiter der Hauptversammlung tätig sei und gab einen bemerkenswerten Überblick über die wechselvollen Ereignissen des V. d. I. während der letzten drei Jahre. Es sei nicht leicht gewesen, in den Zeiten schwersten wirtschaftlichen Niederganges die Geschäfte des Vereins einigermaßen erfolgreich durchzuführen. Aufrichtigen Dank schulde er dem treuen Beistand des Kurators, des Vorstandes und der Geschäftsführung. Das Ende des Jahres 1923 habe mit der einsetzenden langsamen Besserung der Währung auch dem Verein die langersehnte finanzielle Erholung gebracht. Erfreuliche Erfolge seien trotz der schwierigen Zeit die verschiedenen Fachtagungen (Dieselmaschinentagung, Hochdrucktagung, Eisenbahntechnische Tagung und Kohlentagung in Essen) gewesen. Für die weitere Entwicklung gab er dem Verein die aufrichtigsten Wünsche für die Zukunft mit.

Der Vorsitzende gedachte darauf der Toten des vergangenen Jahres. Männer von großer Bedeutung sind von uns gegangen, darunter Geh. Rat Prof. Dr.-Ing. eh. Schöttler, Geh. Rat Prof. Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. eh. Schröter, Geh. Rat Prof. Dr. A. Föppl, Geh. Rat Prof. Dr.-Ing. eh. Müller-Breslau, Dir. Dr.-Ing. eh. Hartwig, Dr.-Ing. eh. Carlson, Dir. Dr.-Ing. eh. Gaa.

Ein herzliches Willkommen bot er den Teilnehmern an der Hauptversammlung und den erschienenen Ehrengästen. Er erwähnte die Mitglieder des österreichischen und chinesischen Bezirksvereins, die Vertreter der Reichs-, Landes- und städtischen Behörden, die Vertreter der Hochschulen und befreundeten Vereine und Verbände. Auch das Ausland: Österreich, die Schweiz, Amerika, Dänemark, England, Holland, Norwegen, Schweden, Rußland und die Tschechoslowakei waren vertreten. Der Tages- und Fachpresse, deren Vertreter auch diesmal in erfreulich großer Zahl erschienen waren, sprach er den aufrichtigen Dank des Vereins für die oft bewiesene Anteilnahme an den Arbeiten des V. d. I. und der Entwicklung der deutschen Technik aus.

Im Namen der bayerischen Staatsregierung antwortete Staatsminister Stützel. Er entbot den Teilnehmern der Hauptversammlung die Grüße des Bayerischen Staates und sprach dem Verein seine Anerkennung für die langjährige nachdrückliche Förderung des Deutschen Museums aus, auf das das bayerische Volk stolz sei.

Ministerialrat Dr. Müller, Berlin, überbrachte die Glückwünsche des deutschen Reichsernährungsministers. Er betonte die Wichtigkeit der auch in den Vorträgen der jetzigen Hauptversammlung zum Ausdruck kommenden Bestrebungen, der Landwirtschaft die Errungenschaften der Technik zunutze zu machen. Diese Bestrebungen bieten unserm Vaterland große zukunftsreiche Möglichkeiten.

Im Namen der Technischen Hochschulen und zugleich für die übrigen Ehrengäste sprach der Rektor der Technischen Hochschule München, Prof. v. Dyck. Er gedachte der Erfolge des V. d. I. bei der mannigfaltigen Unterstützung und Förderung der technisch-wissenschaftlichen Arbeiten und des technischen Unterrichts. Im Anschluß daran verkündete er die Ehrenpromotionen der Technischen Hochschule München, darunter diejenige des Reichspostministers Stingl.

Den Dank und die Glückwünsche der ausländischen Teilnehmer brachte Hr. v. Sandick vom Holländischen Ingenieurverein und Kommerzienrat Prof. Enström, Stockholm, zum Ausdruck. Hr. v. Sandick sprach die feste Erwartung aus, daß im internationalen wissenschaftlichen Leben Deutschland wieder die ihm zukommende Stellung einnehmen würde, in erster Linie in deutschem Interesse, dann aber auch hauptsächlich im Interesse der internationalen Wissenschaft; denn das internationale Wissen könne die deutsche Wissenschaft nicht entbehren.

Prof. Dr. Matschoß teilte darauf mit, daß er von der American Society of American Engineers für die Dauer der Tagung zu ihrem Vizepräsidenten ernannt sei und als solcher die Grüße der 16 000 Mitglieder der amerikanischen Gesellschaft überbringe.

Mit lebhaftem Beifall begrüßte die Versammlung den vom Vorsitzenden verlesenen Antrag des Vorstandes und Vorstandsrates, Herrn Oskar v. Miller die Grashofdenkmünze zu verleihen. Er verlas die Urkunde folgenden Wortlauts:

„Der Verein deutscher Ingenieure hat in seiner 64. Hauptversammlung zu Augsburg und München 1925 Sr. Exzellenz Herrn Geheimrat Dr.-Ing. h. c. Oskar v. Miller, dem Schöpfer der bayerischen Wasserkraftanlagen, mit denen er große Naturkräfte nutzbar machte, dem Vorkämpfer der praktischen Anwendung der Elektrizität und Begründer des Deutschen Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik die Grashofdenkmünze verliehen, worüber diese Urkunde ausgefertigt ist.

Berlin, den 10. Mai 1925."

Der auf diese Weise Ausgezeichnete dankte in einigen herzlichen und humorvollen Worten, in denen er einige kleine Bilder aus der ersten Entwicklung der Elektrotechnik in Deutschland zum besten gab.

Wissenschaftliche Verhandlungen der Hauptversammlung.

Die Reihe der wissenschaftlichen Vorträge eröffnete Professor Dr.-Ing. Nägel, Dresden. Er sprach über „Technisch-wissenschaftliche Forschungsarbeiten in den Vereinigten Staaten von Amerika".

An zweiter Stelle sprach Generaldirektor Dipl.-Ing. Pöppelmann, Augsburg, über „Die Industrialisierung der Landwirtschaft". Beide Vorträge sind bereits in der VDI-Zeitschrift veröffentlich worden[1]).

Fachsitzungen.

Während der Tagung wurde eine stattliche Reihe von Fachsitzungen abgehalten. Am Sonnabend vor der Hauptversammlung fanden die Fachsitzungen über „Dieselmaschinen", über „Erziehungswesen" und über „neuzeitliche Herstellungsverfahren" (fließende Fertigung) statt.

Die Fachsitzung „Dieselmaschinen" im Schwabensaal eröffnete um 3 Uhr nachmittags Geh. Baurat Dr. Lauster, Augsburg. Prof. Nägel sprach über die „Die Dieselmaschine in Amerika", Dr. Geiger, Augsburg, über „Dieselmotoren und Kraftübertragung für Großöllokomotiven", Obering. Dr. Mayer, Eßlingen, über „Die Diesellokomotive vom Standpunkt des Lokomotivbaues", Obering. H. Hintz, Essen, über „Beeinflussung der Verbrennung in kompressorlosen Dieselmotoren mit Strahlzerstäubung", schließlich Dr. Riehm, Augsburg, über „Schnellaufende Dieselmaschinen für Fahrzeugbetrieb". Der anschließende Meinungsaustausch wurde am folgenden Tage noch fortgesetzt. Die Aufsätze sind zum Teil bereits in dieser Zeitschrift (Nr. 19 und 20) veröffentlicht. (Nägel S. 629 u. f., Geiger S. 642, Mayer S. 635, Hintz S. 673.) Der Vortrag von Dr. Riehm wird demnächst veröffentlicht werden.

Die Fachsitzung „Erziehungswesen" fand im Rahmen des Deutschen Ausschusses für technisches Schulwesen im Ludwigsbau statt. Nach einigen einleitenden Worten vom Geheimen Baurat Dr.-Ing. Lippart, Nürnberg, sprach Geheimer Regierungsrat Prof. Prinz[2]), München, über das Thema „Der technologische Unterricht an der Technischen Hochschule in München". Am Anschluß daran hielt Prof. Grunewald[3]) einen Vortrag „Der Technologieunterricht an technischen Lehranstalten" und Dir. C. Volk[4]), Berlin, über „Die Normung und der Unterricht an technischen Schulen".

Die Fachsitzung „Neuzeitliche Herstellungsverfahren (Fließende Fertigung)" im Ludwigsbau fand unter dem Vorsitz von Generaldirektor Köttgen, Berlin, statt. Direktor Schmerse, Nürnberg, sprach über „Verkehrs- und Arbeitsbeschleunigung in den Vereinigten Staaten", Prof. Sachsenberg[5]), Dresden, über „Psychologie der Arbeit am Band".

Die Vorträge von Schmerse und Sachsenberg sind im Auszuge bereits in dieser Zeitschrift S. 658, der Meinungsaustausch S. 893 veröffentlicht.

Berichte über den meist sehr lebhaften Meinungsaustausch in den andern Sitzungen werden noch veröffentlicht werden.

Am Sonntag, dem 10. Mai, nachmittag, folgten die drei Fachsitzungen über „Entgasen und Vergasen", über „Technik in der Landwirtschaft" und über „Dampfkesselwesen".

Fachsitzung „Entgasen und Vergasen" (Hotel zu den drei Mohren, Augsburg): Generaldirektor Prof. Dr.-Ing. Noé er-

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 613 u. 619.
[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 659.
[3]) Z. Bd. 69 (1925) S. 661.
[4]) Z. Bd. 69 (1925) S. 684.
[5]) „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 536

öffnete die Sitzung und erteilte das Wort Dipl.-Ing. zur Nedden, Berlin, der über „Wirtschaftsfragen der Entgasung und Vergasung" sprach. Es folgten die Vorträge von Dipl.-Ing. B. Ludwig, Direktor der Münchener Gaswerke, „Die Entwicklung der Gaserzeugungsräume, ihr Einfluß auf die Erzeugnisse und Wirtschaftlichkeit des Betriebes", sowie von Dr.-Ing. H. L. Trenkler, Berlin, über „Die Verschwelung der minderwertigen Brennstoffe und ihre zukünftigen Aussichten".

Alle drei Vorträge sind in dem Heft „Entgasen und Vergasen" dieser Zeitschrift (Nr. 17) veröffentlicht worden (zur Nedden S. 521, Ludwig S. 523, Trenkler S. 555). An die Vorträge schloß sich ein lebhafter Meinungsaustausch, über den noch besonders berichtet werden wird.

In der Fachsitzung „Technik in der Landwirtschaft" im Ludwigsbau, die von Reichsbahndirektor Hammer, Berlin, geleitet wurde, sprach Dr. Gminder, Reutlingen, über „Hanfbau und Hanfverwertung in Deutschland"[1]), Dr. Reinau, Berlin, über „Die Kohlensäure des Ackerbodens: die grüne Kohle, ein Beitrag zur deutschen Kohlenstoffbilanz"[2]).

Die Fachsitzung „Dampfkesselwesen" im Ludwigsbau leitete Generaldirektor Dr.-Ing. ter Meer, Hannover. Dr. Münzinger, Berlin, sprach über das „Das Dampfkesselwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika"[3]).

Die Berichte über den Meinungsaustausch in diesen Sitzungen werden noch veröffentlicht werden.

Am Montag vormittag fuhren die Teilnehmer an der Hauptversammlung gemeinsam zu einer Besichtigung des Deutschen Museums nach München, wo sie von seinem Begründer, Geheimem Baurat Dr.-Ing. eh. Oskar von Miller, begrüßt wurden. Der Kurator des V. d. I., Dr.-Ing. Lippart, überreichte bei dieser Gelegenheit das anläßlich der Eröffnung des Deutschen Museums vom Verein deutscher Ingenieure herausgegebene biographische Handbuch „Männer der Technik". Das Buch trägt die Widmung:

„Oskar von Miller, dem hervorragenden Ingenieur, der das von ihm geschaffene Deutsche Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik zu einem Denkmal der großen Männer der Technik werden ließ, gewidmet vom Verein deutscher Ingenieure."

Am Nachmittag des Tages wurden Rundflüge unter Mitwirkung des Deutschen Aero-Lloyds und des Junkers-Luftverkehrs veranstaltet. Dienstag, den 12. Mai, fanden zahlreiche Besichtigungen in Augsburg und München statt. [N 668]

Hydrauliktagung
am 5. und 6. Juni in Göttingen[4]).

Auf Veranlassung seines Wissenschaftlichen Beirates, der den Forschungsarbeiten über Strömungsverhältnisse an Wasserkraftmaschinen besonderes Augenmerk zuwendet, hatte der Verein deutscher Ingenieure maßgebende Forscher auf diesem Gebiet in der Woche nach Pfingsten zu einer zwanglosen Zusammenkunft in das Kaiser-Wilhelm-Institut für Strömungsforschungen, Göttingen, eingeladen.

In Vertretung des leider verhinderten Vorsitzenden des Wissenschaftlichen Beirates, Geh. Baurates Dr.-Ing. eh. Lippart, eröffnete Dr.-Ing. Bauersfeld, Jena, als Mitglied des Vorstandes des Vereines deutscher Ingenieure die Tagung und dankte Prof. Dr. Prandtl, Göttingen, namens der Erschienenen für die freundliche Aufnahme in der neuen Forschungsanstalt.

Prandtl sprach zunächst über „Neuere Untersuchungen zur Turbulenz". Die Tatsache, daß statt der parallelen (laminaren) Strömung von einer kritischen Grenze ab eine wirbelige in den Rohrleitungen beobachtet wird, ist für den Turbinenfachmann schon von jeher ein wichtiges Forschungsgebiet gewesen. Erst später hat man erkannt, daß auch bei Umströmungen von Körpern ganz ähnliche Vorgänge in den Grenzschichten auftreten. Auch diese werden von einer kritischen Grenze ab wirbelig.

In Göttingen sind zunächst solche Versuche mit dem Strömen von Flüssigkeiten um Kugeln angestellt worden, wobei die Turbulenz der Grenzschicht und die Verkleinerung des Totwassers schon unter der kritischen Grenze eintrat, wenn die Kugel vorn mit einem Drahtstreifen umgeben wurde. Prandtl erklärte die Entstehung der Wirbelschleifen durch die Verzögerung des Wassers und die Geschwindigkeitsverteilung im runden und rechteckigen Kanal, insbesondere bei schwacher Querschnittverengung und -erweiterung. Zur Berechnung der Mittelwerte für die reinen und die gleichwertigen Reibungsspannungen führt er eine besondere Art von Weglängen ein.

Prof. Dr.-Ing. Föttinger, Charlottenburg, sprach sodann über „Kavitations- und Korrosionsprobleme bei Turbinen, Turbopumpen und Propellern".

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 627.
[2]) Z. Bd 69 (1925) S. 717.
[3]) Z. Bd. 69 (1925) S. 653 u. .
[4]) Der vollständige Text der Vorträge und der Aussprache erscheint voraussichtlich im September-Oktober in einem besonderen Buch beim VDI-Verlag.

Die sehr verbreitete, u. a. auch bei Kolbenpumpen und Talsperrenschiebern auftretende Erscheinung ist auf die Bildung blasenartiger Hohlräume beim Erreichen der Dampfspannung zurückzuführen und ergibt folgende schädlichen Wirkungen:

1. Geräusch, das in verschiedener Stärke auftreten kann;
2. Verluste, die auf das Entlangströmen von Flüssigkeiten an einer Wand zurückzuführen sind:
   a) Dämpfungslose Stöße bei Kondensation der Blasen,
   b) Erhöhung der Reibungen, die erhöhte Scherkräfte, ja geradezu Tangentialstöße auslösen,
   c) Ablösungserscheinungen, die eine Umsetzung von Geschwindigkeit in Druck fast ganz verhindern;
3. Anfressungen bei allen bisher angewandten Werkstoffen wie Gußeisen, Stahl, Bronze, ja sogar Glas innerhalb Zeiten von einer Stunde bis zu einem Monat. Ältere Theorien für die Entstehung der Anfressungen sind die chemische (ausgeschiedener Sauerstoff), die elektrolytische und die Porentheorie. Der Vortragende verwies auch auf die elektrischen Strömungsströme.

Bei Versuchen mit Drehschaufeln wurden die stärksten Anfressungen weit hinter der Schaufel beobachtet, wo die Dampfblasen wieder zusammenklatschen. Hierbei wurde Glas schneller und stärker angegriffen als Metalle. Bei Lichtbildaufnahmen in Danzig an Glasdüsen wurde die Hohlraumbildung hinter dem engsten Querschnitt beobachtet.

Bedingungen für das Auftreten der Hohlräume sind:
1. Annäherung des Druckes an die Dampfspannung,
2. genügend hohe Geschwindigkeit,
3. die Möglichkeit räumlicher Ausdehnung der Blasen,
4. erst als Folgeerscheinung chemische und elektrolytische Vorgänge.

Abhilfemittel sind Unterdrucksetzen oder Verringern der Saughöhen, Vermeiden hoher spezifischer Schaufeldrücke und kleinste Übergeschwindigkeiten durch günstigste Schaufelformen.

Auch Prof. Dr.-Ing. D. Thoma, München, sprach über „Kavitation". Die Erscheinung, daß Pelton-Düsen bei Druckerhöhung plötzlich einen zerflatternden Strahl zeigen, ist vielleicht auf Hohlraumbildung zurückzuführen. Die Anfressungen scheinen an die Geschwindigkeit geknüpft zu sein. Bei kleinen Gefällen beobachtet man kaum Anfressungen, erst von Gefällen von 8 bis 10 m an treten solche Erscheinungen auf.

Bei Turbinen ist die Erschütterung nicht nur auf Kavitation im Rade zurückzuführen, sondern auch auf Hohlräume im Saugrohr. Die Anfressungen sind nicht nur in Abhängigkeit zu bringen von der Festigkeit der verschiedenen Werkstoffe, sondern auch von den verschiedenen Wasserarten. In Italien sind Beobachtungen gemacht worden, daß sich bei manchen Wasserarten Bronze besser hält als Stahl, aber auch umgekehrt. Dadurch ist wohl die chemische Wirkung bei den Anfressungen nachgewiesen, aber man darf diese nicht allein zugrundelegen, sondern chemische und mechanische Wirkung zusammen. Auch spielen Form und Struktur eine wichtige Rolle. Die mechanischen Anfressungen sind besonders stark, wenn sich Poren gebildet haben. Durch ein Berechnungsbeispiel wird die Stärke der Stöße in den Poren nachgewiesen, wo wiederum besonders die Ecken stark angegriffen werden.

Zur Beurteilung der Kavitationsgefahr ist eine Berechnung für große Turbinen nicht leicht durchzuführen. Es empfiehlt sich hierzu, Versuche an Modellen vorzunehmen, die besonders gut geometrisch nachgebildet sind. Rogers und Moody vertreten die Auffassung, daß der Wirkungsgrad des Saugrohres von großem Einfluß auf das Auftreten von Hohlräumen sei. Bei Leistungsversuchen mit verschiedenem Gefälle kann man aus dem Abfall des Wirkungsgrades auf Hohlraumbildung schließen.

Bauersfeld empfahl für die Föttingerschen Versuche, die ein Angreifen von Glas gezeigt haben, Verwendung von Weichgummi, da dieser im Sandstrahlgebläse besonders gute Widerstandsfähigkeit gezeigt hat. Föttinger berichtete von ähnlichen Absichten mit Leder; er teilt die Ansicht, daß die Ausbrechungen durch die Drucksteigerungen in den Poren entstehen, insbesondere nachdem Teilchen aus der Oberfläche herausgebrochen sind.

In dem nun folgenden Vortrage über „Rechnerische Bestimmung von Strömungsbildern in rotierenden Schaufelrädern" gab Prof. Spannhake, Karlsruhe, ein Verfahren an, durch winkeltreue Abbildung von Strömungen um einen Kreiszylinder das Bild der Absolutströmung in einem Kreiselrade zu berechnen. Das Verfahren wurde an einem reinen Radialrade mit geraden Schaufeln vorgeführt. Es liefert die Bedingungen für „stoßfreien" Eintritt in den Schaufelbereich und die Größe der Leistungsaufnahme oder auch, wenn man auf stoßfreien Eintritt verzichtet und eine willkürliche Abweichung von diesem Betriebzustand zuläßt, auf die Größe der Leistungsaufnahme allein, abhängig von Schaufelzahl und Halbmesserverhältnis. Sie gestattet ferner, das ganze Strombild zu entwerfen und Stellen etwaiger Strömungsumkehr zu berechnen.

Auf besondere Formen gekrümmter Schaufeln kann das Verfahren ohne weiteres durch Verwendung von Abbildungsfunktionen ausgedehnt werden, die den Kreis in ein Kreisbogenzweieck überführen. Für den praktisch wichtigsten Fall müssen noch geeignete Abbildungsfunktionen aufgestellt werden. Das Ziel ist, für Näherungsformeln, die dem Konstrukteur rasche Einblicke in die Verhältnisse geben, einwandfreie Grundlagen zu liefern.

Am Nachmittage wurde das Institut für angewandte Mechanik besichtigt. Hier wurden hauptsächlich Wirbel- und Hohlraumbildungen sowie Festigkeitsverhältnisse im plastischen Gebiet gezeigt. Anschließend wurden die im Bau befindlichen Einrichtungen des hydrodynamischen Instituts und darauf das aerodynamische Institut besichtigt. Hier wurden besonders der Magnuseffekt und die wirbelfreie Umlenkung einer Luftströmung um 180° durch Grenzschichtabsaugung vorgeführt.

Am zweiten Verhandlungstage führte Geh. Regierungsrat Prof. Dr.-Ing. eh. E. Reichel, Charlottenburg, den Vorsitz. Als erster Redner dieses Tages sprach Dr. Betz, Göttingen, über „Die Vorgänge an den Schaufelenden". Er berichtete eingehend über seine rechnerischen Untersuchungen über den Energieverlust im Spalt von freien Turbinenschaufeln nach dem Verfahren der Tragflügeltheorie, d. h. der Zirkulationsverteilung an den Flügelenden. Die Größe der Spaltverluste z. B. bei Kaplan-Turbinen ergibt sich hiernach zunächst höher als in Wirklichkeit; jedoch führt die Berücksichtigung der Reibung und Wirbelablösung im Spalt auf praktische Werte zurück.

Im Anschluß hieran berichtete Föttinger über ältere Beobachtungen an einem Turbotransformator mit Glaswänden, wo sich die durch den Spaltvorgang erzeugten Wirbelschläuche hinter den Schaufeln durch alle Räder des Kreislaufes hindurchzogen. Prandtl wies auf die Einschnürung der Spaltströmung durch die Wirbelablösung hin. An der Aussprache beteiligten sich weiter Prof. Braun und Prof. Oesterlen, Dr. Hahn und Dipl.-Ing. Ackeret.

Sodann sprach Prof. Dr.-Ing. Flügel, Danzig, über „Die näherungsweise Erfassung der Strömungsverluste und das Krümmerproblem":

Der Ingenieur wird die Verluste gewöhnlich nur näherungsweise berechnen können. Bei den Strömungsverlusten sind zwei Arten zu unterscheiden, die eine, zu der Wandreibung, Ablösung und Hohlraumbildung gehören, die Nutzenergie vernichten; die andere Art, bei der unausgenützte Geschwindigkeitsenergien, insbesondere alle Arten der Hauptströmung übergelagerter Quergeschwindigkeiten, zu denen außer den Umfangs- und Radialgeschwindigkeiten auch die Wellenerzeugungen gehören (Oberflächenwellen, Verdichtungswellen). Die Hauptverlustarten der 1. Gruppe sind die Wandreibung und die Ablösung. Bei der Wandreibung liegt ein dringendes Bedürfnis vor, außer ihrem bis jetzt genügend bekannten Verhalten bei gleichförmiger Hauptströmung auch ihr Verhalten bei beschleunigter und verzögerter Hauptströmung zu erforschen. Insbesondere besteht im Dampfturbinenbau die Notwendigkeit einer baldigen Klärung der Verhältnisse bei der Strömung in Düsen, da nach den bisher auf diesen Gebieten vorliegenden Versuchsergebnissen große Widersprüche herrschen. Die Verlusterzeugung durch Ablösungen kann näherungsweise bis jetzt nur beim Diffusor berechnet werden, während bei den Ablösungserscheinungen an umströmten Körpern bis jetzt keine Berechnungsmöglichkeit vorliegt. Hierfür wird ein neuer einfacher Weg angegeben, der noch genauer rechnungsmäßiger Prüfung bedarf. Alle derartigen Verluste haben das gemeinsam, daß sie ausschließlich an den Rändern der Flüssigkeitsstrahlen entstehen.

Da der Krümmer eines der praktisch wichtigsten Kanalelemente ist, sollte seine Erforschung wesentlich eifriger gefördert werden als bisher. Für die näherungsweise Berechnung der Strömungsverhältnisse in Krümmern wird ein Verfahren angegeben; die Ergebnisse von Durchflußversuchen an Krümmern verschiedener Formen sowohl bei allmählicher wie bei stoßweiser Umlenkung werden mitgeteilt.

D. Thoma wies darauf hin, daß man die Umsetzung der Energie einerseits in Wirbelung, anderseits in Wärme, namentlich bei hohen Geschwindigkeiten und Dampf nicht genau trennen kann. Föttinger bemerkte, daß nicht allein die Randwirbelverluste, sondern die Gesamtverluste technisch auf einen Kleinstwert zu bringen seien.

Sodann sprach Prof. Dr.-Ing. Oesterlen, Hannover, über die „Untersuchung der Ausbildung der Turbinen-Saugrohre", hauptsächlich im Hinblick auf den Kaplan-Krümmer, bei dem er die vorgelegte Platte als ein recht brauchbares Mittel für die Umlenkung hält, da hierbei kaum meßbare Verluste auftreten. Seine Versuche gehen von der Gestalt eines freien, senkrecht gegen eine Platte auftreffenden Strahles aus. Da zur Zeit sehr verschiedene Krümmerbauarten im Betriebe sind, ohne daß tiefere Klarheit darüber erzielt wäre, hält er es für dringend nötig, eingehende Versuche anzustellen. Bei seinen bisherigen Versuchen wurde die Geschwindigkeitsgrenze so gewählt, daß Luftblasen dabei nicht auftraten.

Dr. Hahn, Heidenheim, hob hervor, daß wohl selten Gelegenheit sei, für die Zuführung des Wassers so viel Platz zu schaffen, als die untersuchten Saugrohre brauchen. Es besteht immer die Gefahr, daß die Energie, die mit dem geraden Saugrohr gewonnen wird, bei der Umlenkung wieder verloren geht. Man muß mit möglichst geringen Verlusten arbeiten, im Saugrohr sowohl als auch im Ablauf.

D. Thoma hielt es für bedenklich, das Saugrohr allein zum Gegenstand der Untersuchungen zu machen. Es müssen vielmehr die Versuche an dem Saugrohr in Verbindung mit dem zugehörigen Laufrad vorgenommen werden, da beide voneinander abhängig sind.

Dipl.-Ing. Schilhansl, Nürnberg, erörterte die Anbringung von Spiralen an den Saugrohren. In statistischen Untersuchungen hat er festgestellt, daß die amerikanischen Saugrohre den deutschen keineswegs überlegen sind, vielmehr im Wirkungsgrad meistens 2 bis 3 vH unter den deutschen liegen.

Prof. Wagenbach, Darmstadt, berichtet noch kurz über seine Versuche mit verschiebbaren Bodenplatten. Das Ansetzen der von Schilhansl vorgeschlagenen Spiralen möchte er lieber wegen der zu erwartenden Wirbelbildung vermeiden.

Nach Beendigung der Aussprache berichtete D. Thoma über seine Eichergebnisse an drei verschiedenen Düsen mit 85, 60 und 40 mm Dmr., die sämtlich zweierlei ganz verschiedene Ausflußziffern ergaben[1]).

Schilhansl berichtete dann Näheres über seine statistischen Untersuchungen und legte deren Ergebnisse in besonderen Kurven vor.

Als Letzter sprach Prof. Dr.-Ing. Pfleiderer, Braunschweig, über „Schlußfolgerungen aus der Betrachtung des Schaufeldrucks an Kreiselrädern".

Neben der Größe der Schaufelzahl und der Schaufellänge ist der Einfluß der Schaufelwinkel am Radumfang von Einfluß insofern, als die durch die endliche Schaufelzahl verursachte Minderleistung mit zunehmendem Schaufelwinkel zunimmt. Bemerkenswert war besonders die Feststellung, daß Kreiselräder ein mögliches und unmögliches Betriebsgebiet haben, wodurch auch erklärlich wird, warum sich Versuchsergebnisse in Kreiselrädern nicht verallgemeinern lassen. Die vielfach vertretene Ansicht, daß die Schaufelarbeit mit zunehmendem Schaufelwinkel wächst, trifft nicht immer zu. Stauung des Wassers im Laufkanal bildet nicht eine Ausnahme, sondern sie ist bei den üblichen Schaufelverhältnissen die Regel.

Nach Beendigung der Aussprache schlug der Vorsitzende vor, die große Zahl der Versuchsanstalten für hydraulische Aufgaben möglichst eng miteinander zu verbinden. Die Hauptsache ist, daß die verschiedenen Versuchsanstalten über die in Angriff genommenen Arbeiten unterrichtet sind. Er schlägt vor, eine Zentralstelle einzurichten, die alle Forschungsarbeiten sammelt, um so einen Überblick zu gewinnen. Die soeben stattgefundene Tagung sieht er als geeigneten Weg für die Besprechung neuer Aufgaben und Versuchspläne an, und er spricht deshalb dem Verein deutscher Ingenieure als Einberufer dieser Versammlung seinen besonderen Dank aus.

Von den Versammlungsteilnehmern wurden die Herren E. Reichel und Prandtl gebeten, in Verbindung mit dem V. d. I. die obenerwähnte Sammelstelle für alle hydraulischen Forschungsarbeiten zu bilden, der laufend alle in Angriff genommenen Forschungen mitgeteilt werden sollen.

Mit einem Dank für die allseitig eifrige Anteilnahme an dieser Aussprache schließt der Vorsitzende die Versammlung.

[N 655] Eggen.

Werkzeugmaschinen.

Rundtisch-Fräsmaschine.

Die Rundtisch-Fräsmaschine der Wanderer-Werke, Chemnitz, verkörpert den Grundgedanken des Halbautomaten, indem der Rundtisch in einem ununterbrochenen Arbeitsgang ein Stück nach dem andern dem Werkzeug zuführt, während der Arbeiter die überfrästen Werkstücke abspannt und an deren Stelle neue einspannt, Abb. 1. Mit dieser ununterbrochenen Arbeitsweise ist der Vorzug verbunden, daß die Bedienungszeiten, d. h. die Zeiten für das Ein- und Abspannen der Werkstücke, in die Laufzeit der Maschine beim Bearbeiten der anderen Stücke fallen und daher die Leistung nicht vermindern. Die Maschine wird ein für allemal auf Schnittgeschwindigkeit und Vorschub eingestellt und der Arbeitstisch mit den geeigneten Spannvorrichtungen versehen. Gerade bei den Spannvorrichtungen muß man besonders beachten, daß sie das Werkstück rasch und sicher spannen; denn der Arbeiter muß die fertigen Stücke gegen unbearbeitete auswechseln können, bevor der Rundtisch mit den betreffenden Spannstellen wieder unter das Werkzeug kommt.

---

[1]) Vergl. auch „Forschungsarb.", herausgegeben vom VDI., Heft 233 S. 17.

Zahlentafel 1. Leistungstafel über Fräsversuche auf der Rundtisch-Fräsmaschine.

Versuch-Nr	Werkstück: Form und Maße	Werkstück: Stoff	Werkzeug: Form 200 mm Dmr.	Werkzeug: Stoff	Schnittgeschwindigkeit m/min	Dauer von 1 Umdrehung des Rundtisches min	Schnittgröße mm	Spanmenge in cm³	Mittlere Dauerleistung in etwa 1 h
1	Schnittiefe 2 mm	Gußeisen	Messerkopf	Schnellstahl	20	14	80 × 24 × 2	7,2	100 Stück bei einer Tischumdrehung in 7 min und Aufspannvorrichtung für 12 Stück.
2		,,	,,	,,	20	3,8	80 × 24 × 2	28	
3		Gußeisen	Messerkopf	Hartmetall	98	8	80 × 24 × 2	13	120 Stück bei einer Tischumdrehung in 5,5 min.
4		,,	,,	,,	98	2,5	80 × 24 × 2	41	
5	Schnittiefe 3 mm	Gußeisen	Messerkopf	Schnellstahl	20	42,3	133 × 70 × 3	20	85 Stück bei einer Tischumdrehung in 14 min und Aufspannvorrichtung für 20 Stück.
6		,,	,,	,,	20	10	133 × 70 × 3	86	
7		Gußeisen	Messerkopf	Hartmetall	98	8	133 × 70 × 3	41	200 Stück bei einer Tischumdrehung in 5,8 min.
8		,,	,,	,,	124	2,8	133 × 70 × 3	118	
9	Schnittiefe 0,5 mm	Flußeisen 40 kg/mm² Festigkeit	Messerkopf	Hartmetall	155	14	—	12	110 Stück bei einer Tischumdrehung in 8 min und Aufspannvorrichtung für 15 Stück.
10		Flußeisen 40 kg/mm² Festigkeit	,,	,,	290	4,6	—	35	

Natürlich lassen sich die Werkstücke auch auf Wagerecht-Fräsmaschinen überfräsen. Will man aber die gleiche Leistung erreichen, so braucht man mehr Maschinen, was die Geschäftsunkosten erhöht, selbst wenn ein Mann mehrere Maschinen bedient. Auch die senkrechte Schleifmaschine mit der Topfscheibe ist nicht so leistungsfähig, da sie an geringe Spantiefen gebunden ist. Mit der Güte des Werkzeuges läßt sich dagegen die Leistung der Rundtisch-Fräsmaschine in der Massenfertigung erheblich steigern, wie Zahlentafel 1 zeigt.

Bemerkenswert an der Bauart der Maschine ist, daß Stufenscheibe und Vorgelewellen in Kugeln laufen. Die Geschwindigkeiten und Vorschübe kann man nach Zahlentafeln einstellen. Damit man auch schräge Flächen fräsen kann, ist der Spindelkopf mit einer Drehscheibe nach beiden Seiten um 30° drehbar, Abb. 2. Die aus Sonderstahl hergestellte Frässpindel läuft leicht nachstellbar in Phosphorbronzelagern. Der Ständer ist stark verrippt und an den Laufstellen der Vorgelegeräder haubenartig ausgebildet. Die stark beanspruchten Gleitflächen sind aus

Abb. 1. Rundtisch-Fräsmaschine der Wanderer-Werke Chemnitz.

Abb. 2. Spindelantrieb und -lagerung der Rundtisch-Fräsmaschine

Abb. 3 bis 5. Rundtisch der Wanderer-Fräsmaschine.

Abb. 6. Drehstrommotor mit Kurzschlußanker von Ziehl-Abbeg, Elektr. Gesellschaft m. b. H.

hartem Guß und geschliffen und daher von großer Lebensdauer. Der Rundtisch hat eine Ölrinne zum Rückleiten des Kühlwassers. Der Vorschubräderkasten enthält Wechselräder für 16 geometrisch abgestufte Vorschübe. Der Winkeltisch ist an seiner Freiseite abgestützt. Der Rundtisch, Abb. 3 bis 5, läßt sich umsteuern sowie selbsttätig oder mit einem Handgriff augenblicklich stillsetzen. [M 189] F. W. Hülle.

Elektrotechnik.

Ein neuer Kurzschlußmotor.

Eine neue Bauart von Kurzschlußmotoren ist nach einer Erfindung von Prof. Richter, Karlsruhe, von der Firma Ziehl-Abegg, Elektr. Gesellschaft m. b. H., Berlin-Weißensee, ausgeführt worden, Abb. 6.

Der Ständer trägt zwei Wicklungen, die Betriebswicklung mit der Betriebspolzahl $2p$, und darüber in denselben Nuten die Anlaufwicklung mit der Anlaufpolzahl $2p'$, wobei p' immer kleiner als p ist.

Der Läufer hat eine Draht- oder Stabwicklung, deren Wicklungsfaktor ξ_2, bezogen auf die Anlaufwicklung des Ständers klein, dagegen bezogen auf die Betriebswicklung groß ist und nicht wesentlich von der Einheit abweicht.

Beim Anlauf, Abb. 7 bis 9, werden nun beide Wicklungen in Reihe geschaltet. Infolge der Rückwirkung der Läufer-Kurzschlußströme wird das Feld der Betriebswicklung stark abgedämpft. Ihre Kurzschlußspannung ist daher sehr gering. Dementsprechend muß die Kurzschlußspannung der Anlaufwicklung mit Rücksicht auf den verhältnismäßig hohen Läuferwiderstand groß werden. Die dem Motor aufgedrückte Netzspannung verteilt sich somit auf die beiden Ständerwicklungen im Verhältnis der zugehörigen Läuferwiderstände.

Es ist nun leicht einzusehen, daß sich zu Beginn des Anlaufs, also im Kurzschlußzustande, zunächst das Feld der Anlaufwicklung ausbildet. Infolge des hohen Läuferwiderstandes und der dadurch geringen sekundären Phasenverschiebung wird bei geringem Kurzschlußstrom ein kräftiges Drehmoment entwickelt.

Hat der Läufer annähernd die synchrone Geschwindigkeit des Betriebsfeldes erreicht, so wird sich, da die Läufer-Kurzschlußströme nun sehr gering sind, das Feld in voller Höhe ausbilden. Der Spannungsabfall in der Betriebswicklung ist fast so groß wie die Netzspannung, die Spannung der Anlaufwicklung somit sehr klein. Das Drehmoment ist annähernd gleich null und der Läufer läuft (abgesehen von dem geringen Schlupf bei Leerlauf) mit der synchronen Geschwindigkeit des Betriebsfeldes um. Jetzt wird die Anlaufwicklung kurz geschlossen, und der Motor verhält sich wie jeder normale Kurzschlußmotor. Wie bei jedem Kurzschlußmotor hängen Anlaufstrom und Anlaufmoment im wesentlichen von den Konstanten des Motors ab, die in weiten Grenzen zu beeinflussen sind. Ein Motor dieser Art von 6 PS und 1450 Uml./min zeigte bei 1,35fachen Anlaufstrom 0,95faches Anlaufmoment.

Es ist somit ein neuer Weg gewiesen, Kurzschlußmotoren für höhere Leistungen zu bauen, deren Anlaufstrom unter den Höchstbeträgen liegt, die durch die Anschlußvorschriften der öffentlichen Elektrizitätswerke vorgeschrieben sind. Infolge der Einfachheit und seiner außerordentlichen Betriebsicherheit füllt der Motor eine bis heute auf diesem Gebiet stark empfundene Lücke aus.

Die Hauptwirkung, die also durch diesen neuen Motor erreicht wird, besteht darin, daß die Kurzschlußläuferwicklung, im Gegensatz zu allen andern Bestrebungen, die nach dieser Richtung hin in den letzten Jahren im Gange waren, um Drehstrommotoren ohne Anlasser zu bauen, tatsächlich eine vollkommen in sich verbundene Wicklung ist, die als Draht- oder Stabwicklung ausgeführt wird, also keinerlei Widerstand oder Anlaufwicklungen enthält, noch daß solche durch selbsttätige Kurzschließer oder Zentrifugalschalter ein- oder abgeschaltet werden. Der Kurzschlußanker enthält also keinerlei bewegliche Teile und ist keinem Verschleiß ausgesetzt.

Abb. 7 bis 9. Schaltschema des Kurzschlußmotors

Der neue Motor ist auch als zündsicher anzusprechen und dürfte daher für die Landwirtschaft, z. B. in Scheunen, besonders geeignet sein.

Der Motor ist auch außerordentlich geeignet, aus der Ferne angelassen zu werden, und wird auch in allen jenen Fällen, wo es sich um selbsttätige Einschaltung durch Schwimmerschalter oder atmosphärischen Druckschalter handelt, Anwendung finden.

Im allgemeinen werden die neuen ZR-Motoren ausgeführt für folgende Verhältnisse:

1. 0,6 bis 0,7 faches Drehmoment bei 1,2 fachem Nennstrom
2. 1,0 „ 1,1 „ „ „ 2,0 „ „
3. 1,5 „ 1,6 „ „ „ 3,0 „ „

Da die Anlaufwicklung im Ständer sowohl im Stern als auch im Dreieck geschaltet werden kann, kann auch nachträglich durch Umschaltung von Stern auf Dreieck das Drehmoment beim Anlauf um das rd. 1,5fache erhöht werden, dann erhalten wir die Schaltung, Abb. 8 bzw. 9; normalerweise werden die Motoren, wenn nichts anderes angegeben ist, in Schaltung nach Abb. 8 ausgeführt, d. h. für normales Drehmoment. In jedem Falle wird der Anlaufstrom niemals die Bedingungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, die für Drehstrommotoren maßgebend sind, überschreiten.

Der Wirkungsgrad des neuen Motors ist der gleiche wie bei Kurzschluß-Ankermotoren, und in jedem Falle besser als bei dem gewöhnlichen Schleifring-Ankermotor.

Dasselbe kann auch gesagt werden von dem Leistungsfaktor, der auch den gewöhnlichen Schleifring-Ankermotoren überlegen ist.

In Abb. 10 sind Strom und Drehmoment als Funktion der Drehzahl in Hundertsteln des Nennwertes aufgetragen, und zwar für den „ZR" und einen gewöhnlichen Kurzschlußmotor. Hieraus ist zu ersehen, daß der „ZR" bezüglich seines Anlaufstromes, bezogen auf das gleiche Anlaufmoment, sich wesentlich günstiger verhält als ein normaler Kurzschlußmotor.

Der ZR-Motor kann den Magnetisierungstrom ausgleichen, d. h. die primäre Phasenverschiebung des Netzstromes aufheben. Man erhält so einen Motor, der von Leerlauf bis Vollast mit Leistungsfaktor $\cos\varphi = 1$ arbeitet. Gegenüber allen bisher bekannt gewordenen kompensierten Motoren ist bei „ZR" — auch bei größeren Leistungen — nur eine Ausgleichwicklung der bestehenden Kurzschlußwicklung hinzuzufügen. Die Ausgleichwicklung wird an einen Kollektor geführt, dem vom Ständer der Ausgleichstrom mit geringer Spannung zugeführt wird.

Der kompensierte ZR-Motor bleibt also im Ständer unverändert, während der Läufer eine Kurzschlußwicklung und einen Kollektor erhält.

Der kompensierte ZR-Motor führt daher auch keinerlei Hochspannung im Läufer; da einerseits nur dem Kollektor eine geringe Spannung zugeführt wird und die vorher beschriebene Kurzschluß-Ankerwicklung keine Spannung führt, sind weder Isolationsschwierigkeiten noch Gefährdung durch Berühren der Läuferwicklung zu befürchten.

Der Phasenausgleich erfolgt genau so wie bei jedem anderen System. Es kann nicht nur eine vollständige, sondern auch eine Überkompensation erreicht werden.

Abb. 10. Strom und Drehmoment in Abhängigkeit von der Drehzahl, gewöhnlicher Kurzschlußmotor und ZR-Motor

Ein wesentlicher Unterschied besteht bei dem kompensierten ZR-Motor gegenüber dem gewöhnlichen kompensierten Drehstrommotor darin, daß bei Anlauf eine absolut funkenfreie Kommutation erreicht wird, weil das umlaufende Anlauffeld eine andre Polzahl als die der Ausgleichwicklung des Läufers entwickelt.

[M 769]

Über Schnittgeschwindigkeit und Schnittdruck beim Fräsen.

Berichtigung. In dem Aufsatz von G. Engel in Z. Nr. 24 muß es auf S. 819, r. Sp., 13. Zeile heißen: im allgemeinen $\frac{d}{2}$ selten übersteigt. Auf S. 821 muß es in Abb. 8 heißen: s = Schnittiefe, und auf S. 822 in Zahlentafel heißt der Kopf der 12. Spalte: $m = \frac{0{,}52 + 0{,}04\,\frac{H}{t}}{H}$

[N 701]

Die ersten Hochöfen in Holland.

Berichtigung. In der Einleitung der in Z. Bd. 69 (1925) S. 818 veröffentlichten Abhandlung ist infolge der irrtümlichen Ausdrucksweise der amerikanischen Quelle eine unrichtige Angabe gemacht worden. Der erste Hochofen in Holland ist bereits vor 1½ Jahren in Betrieb gesetzt worden. — Außerdem enthält die Abhandlung einen Druckfehler: In der Anlage können jährlich 100 000 t (nicht 10 000 t) hergestellt werden.

[N 706]

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Lebenserinnerungen. Von August Föppl. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg. 155 S. Preis geb. 6 ℳ.

Mit August Föppls „Lebenserinnerungen" liegt eines jener seltenen Bücher vor, die uns fesseln und nicht loslassen, bis wir sie zu Ende gelesen haben.

Es ist von eigenartigem Interesse, von einem Manne, der in seinem Leben ausschließlich wissenschaftliche, nur für einen begrenzten Leserkreis bestimmte Werke schrieb, ein Buch in Händen zu haben, worin er über seine Jugend, seine Lehr- und Aufstiegjahre spricht.

Daß es sich nicht um eine der üblichen Lebensbeschreibungen handelt, wird am besten gekennzeichnet durch die im Vorwort enthaltenen Sätze: „Ich bilde mir nicht ein, daß viele von denen, die mich von früher her bereits kennen, einen Genuß darin finden würden, eine genaue Lebensbeschreibung von mir zu lesen. Für alle andern aber wäre sie erst recht gleichgültig. Nur das Wesentliche daraus, eine Schilderung der großen Richtlinien der ganzen Entwicklung kann dem beabsichtigten Zwecke dienen. Es kommt auch nicht so sehr darauf an, wie es mir ergangen ist, als vielmehr auf die Ansichten und die Meinungen, zu denen ich durch meine Lebenserfahrungen geführt wurde. Darüber werde ich mich freimütig äußern, überall wo es mir angezeigt erscheint. Aufdringlich werde ich diese Ansichten nirgends vortragen, sondern jedem gern überlassen, darüber zu denken, wie es ihm richtig erscheint."

In der Hauptsache richtet sich das Buch wohl an die Freunde und Schüler sowie an alle diejenigen, die dem Verfasser in seiner bedeutungsvollen Lebensarbeit irgendwie nahe kamen. Zu allen spricht der klare, kluge, wahrhafte Charakter, den man in ihm kannte und verehrte. Besonders für uns Jüngere ist es wertvoll, im Geiste den Werdegang eines Mannes mitzuerleben, der mit offenem Blick sein Ziel erkannte und es mit festem Wollen trotz mancher anfänglichen Mißerfolge erreichte.

Weit über diesen Kreis hinaus dürfte jedoch dieses Buch noch viele Leser unter jenen finden, die freudiges Verständnis für Bücher haben, in denen so viel Wahrheit und eine solche Fülle von Lebenserfahrung und Lebensweisheit enthalten sind.

[E 629] Reiher.

Azetylen in sicherheitstechnischer Hinsicht. Von Dr. Rimarski. Halle a. S. 1925, Carl Marhold. 95 S. m. 17 Abb. Preis 3,50 ℳ.

Das Buch enthält Berichte über verschiedene Arbeiten der Chemisch-Technischen Reichsanstalt. Einen breiten Raum nimmt in dem Bericht das gelöste Azetylen ein, wobei die Zulassung der porösen Massen, die Art ihrer Prüfung sowie die Untersuchung der gefüllten Flaschen auf Sicherheit gegen Befördern, Erwärmen, Erhitzen und Entzünden behandelt wird. Es folgt dann ein Bericht über Prüfung von Wasservorlagen und selbst-

tätigen Rückschlagsicherungen bei höherem Druck, wobei die letzteren schlecht abschneiden. Dann werden die in Vorversuchen ausgeführten Untersuchungen über den Zerfall des Azetylens im Gefahrenbereich von 2 at Druck erwähnt und über die Ermittlung der Gas- und Druckverhältnisse in dem Rohrleitungssystem der Beleuchtungsanlage nach Dalén in Schaubildern gezeigt. Am Schluß wird noch über Versuche berichtet, die klarlegen sollten, wie weit Gefahrmomente vorhanden sind während der Betäubung mittels „Narzylen" (besonders gut gereinigtes Azetylen) bei operativen Eingriffen. Das Buch ist ein höchst erfreuliches Zeichen für die wieder einsetzende deutsche Forschung auf dem Gebiete des Azetylens.

[E 602] Prof. Dr.-Ing. A. Hilpert.

XI. Kongreß für Heizung und Lüftung, 17. bis 20. September 1924 in Berlin. Herausgegeben vom ständigen Kongreßausschuß. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg. 420 S. m. 199 Abb. u. 2 Taf. Preis 10 *M*.

Der vorliegende, ausführliche Kongreßbericht, vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 1134, bringt für den Fachmann eine Fülle wertvoller Zahlen und gibt außerdem eine ausgezeichnete Übersicht über den Stand des Heiz- und Lüftungswesens. Die Heizkraftmaschine und das Wärmekraftwerk, die Verwendung von Gas zur Einzelraumheizung und für Sammelheizungen, sowie die damit zusammenhängende bedeutungsvolle Frage der planmäßigen Kraft-Wärmewirtschaft in großem Ausmaß sind besonders ausführlich behandelt. Da die Aussprache über die einzelnen Vorträge ungekürzt in den Bericht aufgenommen ist, wird ein guter Überblick über die Bedürfnisse aller auf dem Kongreß vertretenen Gruppen der Technik und Wirtschaft vermittelt.

Erwähnt sei noch, daß in zwei Vorträgen die heiztechnischen Fragen im Hausbau behandelt werden, wobei eindringlich auf die Notwendigkeit verständnisvollen Zusammenarbeitens von Architekten und Heizungsfachleuten hingewiesen ist.

[E 604] S. Erk.

Die Hamburgische Gewerbeaufsicht, ihre Entwicklung und ihre Aufgaben. Von H. Rasch. Hamburg 1924, Paul Hartung. 108 S. Preis 3 *M*.

Mit Freude und Dank wird man die Fortsetzung der Veröffentlichungen über die Gewerbeaufsicht, die Littmann über die badische, Schöffer über die württembergische und Poerschke über die deutsche Gewerbeaufsicht begonnen haben, begrüßen. Weit über den engen Hamburger Bezirk und weit über die Kreise der Gewerbeaufsicht hinaus erweckt die gründliche, sachkundige Darstellung der Entwicklung und der Aufgaben der dortigen Gewerbeaufsicht Interesse, die wegen der Hamburger Staatsverfassung und sozialpolitischen Verhältnisse besonders geartet ist. Mit Genugtuung entnimmt besonders der Techniker, wie seit den Tagen, wo die Gewerbeaufsicht nur in „Fabriken" ausgeübt wurde und sich etwa seit 1891 auch auf die kleinen Werkstätten und handwerkmäßigen Betriebe ausdehnte bis auf die heutige Zeit, wo die neuen Arbeitszeitverordnungen und Gesetze alle gegen Entgelt beschäftigten gewerblichen Arbeiter und Angestellten schützen und einen weiteren Ausbau der Gewerbeaufsicht erfordern, darauf hingearbeitet worden ist, bei jeder Neuordnung der Verwaltung die mühsam errungene Stellung der Gewerbeaufsicht im behördlichen Organismus zu wahren.

Wenn auch die seit 1897 geschaffene Hafenarbeitsaufsicht einer Abteilung der ordentlichen Polizei überwiesen wurde und ein Versuch des Senats, die Dampfkessel- und Gewerbeaufsicht zusammenzufassen, 1906 an dem Widerstande der Bürgerschaft scheiterte, so daß man diese drei innerlich zusammengehörenden Dienstzweige nicht wie in Bremen und Lübeck in einem Amte vereinigen konnte, so hat sich doch die Gewerbeaufsicht selbständig entwickelt. Insbesondere wußte sie Angriffen von Juristen der ordentlichen Polizei zu begegnen, die die Einsetzung der Gewerbeinspektionen als Polizeibehörden als nach Reichsrecht unzulässig bezeichneten. Das Hamburger Vorgehen endete schließlich damit, daß auch in Preußen die Dienstanweisung für die Gewerbeaufsichtsbeamten im Januar 1914 geändert und das ihnen gesetzlich zustehende Verfügungsrecht nicht länger vorenthalten wurde.

Sehr beachtenswert ist auch die Abhandlung über „die Gewerbeaufsichtsbeamten". Ihrer Tätigkeit liegt wie jeder anderen wissenschaftlichen Arbeit die Philosophie zugrunde. Dem anschaulichen Denken folgt mehr wie in anderen Zweigen der Technik die Ausbildung im begrifflichen Denken und die Beschäftigung mit Psychologie und Ethik. [E 62] Hassenstein.

Die Braunkohlenteerindustrie. Von Prof. Dr.-Ing. Edmund Graefe. 2. umgearbeitete und erweiterte Aufl. Halle a. S. 1922, W. Knapp. 115 S. m. 43 Abb. Preis geh. 5 *M*, geb. 5,90 *M*.

Die Wiederherausgabe des vorliegenden Buches unter Berücksichtigung des Schwelverfahrens ist zu begrüßen. Das Buch gibt über die Gewinnung von Teer beim Schwelvorgang, über die Aufarbeitung des Teeres durch Destillation und die Weiterverarbeitung des Paraffins, sowie des Montanwachses ausführliche Aufschlüsse. [E 556] Tr.

Laboratoriumsbuch für die Kokerei- und Teerprodukten-Industrie der Steinkohle. Von Dr. Konrad Keller. Halle a. S. 1923, Wilh. Knapp. 124 S. m. 29 Abb. Preis geh. 4,80 *M*, geb. 5,70 *M*.

Das vorliegende neue Werk sucht besonders für den Chemiker der Kokereiindustrie die Verfahren zu sammeln, die bei diesem Betriebe gebraucht werden. Es wird daher in erster Linie dem erstmalig in die Praxis tretenden Chemiker rasch Rat und Hilfe bringen bei der Auswahl der Verfahren der betriebsmäßigen Untersuchungen. Da es aber auch sonst einen sehr vollständigen Eindruck macht, wird das kleine Buch dem erfahrenen Fachmann sehr willkommen sein. [E 549] Tr.

Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren u. Kompressoren. Aufgest. von dem hierfür vom V. d. I. u. vom V. D. M. A. gebildeten Ausschuß. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 54 S. m. 53 Abb. Preis 4 *M*.

Deutsche Kraftfahrzeug-Typenschau. H. 1: **Luftfahrzeuge u. Luftfahrzeugmotoren.** Herausg. v. C. W. Erich Meyer. Dresden 1925, Deutsche Motor-Zeitschrift. 4 S. m. 33 Taf.

Combustion in the power plant. A coal burner's manual. By Thomas A. Marsh. New York 1924, D. Van Nostrand Company. XI. 255 S. m. 63 Abb.

33. u. 34. Zusammenstellung der Betriebs-Ergebnisse von Wasserwerken. Betriebsjahre 1921/22 und 1922/23. Bearb. v. d. Ausschuß f. d. Betrieb von Wasserwerken. München 1925, R. Oldenbourg. 122 S.

Die Methoden der organischen Chemie. Bd. 1: Allgemeiner Teil. Herausg. v. J. Houben. 3. umgearb. u. erw. Aufl. Leipzig 1925, Georg Thieme. 1340 S. m. 581 Abb. Preis geh. 66 *M*, geb. 75 *M*.

Gedenkboek der Staatsspoor- en Tramwegen in Nederlandsch-Indië, 1875 bis 1925. Von S. A. Reitsma. Weltevreden 1925, Topographische Inrichting. 216 S. m. versch. Abb.

Die Kultur der Gegenwart. Herausg. von Paul Hinneberg. 2. neubearb. u. erw. Aufl. T. 3, Abt. 3, Bd. 1: **Physik.** Red. von E. Lecher. Leipzig u. Berlin 1925, B. G. Teubner. VIII, 849 S. Preis geh. 34 *M*, geb. 36, Halbfr. 41 *M*.

Der Stand angestellter Akademiker in Volk und Wirtschaft. Von Carl Höfchen. (Sozialpolitische Schriften d. Bundes angest. Akad. techn.-naturw. Berufe 1. Folge, H. 8.) 54 S.

Zur Geschichte des Rohres. Von Dr. Kröhnke. (Sonderabdruck a. d. „Röhrenindustrie" 1925.) 31 S. m. 21 Abb.

Der Blitzschutz. Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz. Herausg. v. d. Ausschuß f. Blitzableiterbau. 62 S. m. 2 Abb.

De l'appareillage électrique dans les exploitations de Pétrole de Roumanie. Par Ion Aprihaneanu. Bucarest 1925. 19 S.

Wie sind Eisen- und Stahlwaren bei den deutschen Bahnen im Frachtbrief zu deklarieren? Herausg. v. W. Malinowski. Berlin 1924, H. F. Lehmann. 91 S. Preis 6,50 *M*.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 69 SONNABEND, 11. JULI 1925 NR. 28

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 940.

Maschinen für Massenverpackung.

Von Dr.-Ing. Kurt W. Geisler, Berlin.

Die Wirkungsweise der wichtigsten Maschinen für Massenverpackung wird erklärt.

Besonders in den Zweigen der chemischen Industrie, wo ein und derselbe Fertigstoff unzählige Male in derselben Menge und Form die Erzeugungsstätte verläßt, sind die Maschinen zur Mengenbemessung und zur Verpackung eine sehr hochgeschätzte, im höchsten Maße zeitsparende Einrichtung geworden. Der Entwurf solcher Maschinen erfordert weniger theoretische Überlegung als vielmehr die Fähigkeit, sich Bewegungen und räumliche Anordnungen richtig vorzustellen. Dieses Gebiet ist durchaus ein Sonderfach. Aus den ungemein vielseitigen Formen, die sich hier mit der Zeit entwickelt haben, seien nur einige besonders kennzeichnende herausgegriffen[1]), aus denen man ohne weiteres in der Lage ist, den allen diesen Maschinen zugrunde liegenden technischen Grundgedanken zu erkennen.

1. Abfüllmaschinen.

Abb. 1 bis 3 zeigen eine Abfüllmaschine, die zum Abfüllen körniger und pulveriger Stoffe verwendet wird bei gleichzeitiger genauester Mengenbemessung dem Rauminhalte nach. Der Arbeitsvorgang dieser Maschine läßt sich, wie folgt, zergliedern:

a) Füllen. Der gabelförmige Hebel a beschreibt durch Verbindung mit dem Hebel b, mit dem er auf derselben Welle sitzt, eine Drehung entgegen der Richtung des Uhrzeigers (Abb. 2 bis 5). Der Hub ist durch das Handrad c, das mittels Spindel die Rolle d verschiebt, verstellbar, derart, daß die Kurvenscheibe e die Rolle mehr oder weniger spät berührt, s. Abb. 4 und 5. Der Habel a zieht bei dieser Drehung die Kolbenstange f abwärts bis in eine durch das Handrad c eingestellte Endlage, durch die die jeweilige Füllmenge festgelegt ist. Dadurch wird in den Füllzylinder g mittels des Doppelkolbens h eine bestimmte Menge des abzufüllenden Stoffes aus dem zur Auflockerung mit einem Rührwerk versehenen oberen Schüttrumpf eingesogen.

Abb. 1. Abfüllmaschine für körnige und pulverige Stoffe.

b) Kippen des Füllzylinders. Sobald der Kolben im Füllzylinder seine tiefste Lage erreicht hat (die Kurvenscheibe e hat sich inzwischen soweit gedreht, daß ihr Punkt k an der Rolle d liegt), beginnt mittels des Hebels l und der Schubstange m, die die beiden Rollen n und o trägt, das Kippen des Füllzylinders, wobei Rolle n auf der Kurvenscheibe p und Rolle o auf der Kurvenscheibe q läuft, s. a. Abb. 6. Der Füllzylinder wird in eine wagerechte Lage gebracht, in der er so lange bleibt, bis Rolle n am Punkte r der Scheibe p, Rolle o am Punkte s der Scheibe q läuft. Beim Weiterdrehen der beiden Kurvenscheiben p und q wird dann der Zylinder wieder aufgerichtet. Inzwischen aber hat sich der Vorgang:

c) Ausdrücken des Zylinderinhalts abgespielt. Beim Kippen ist das Rädchen t auf die Höhe u gehoben. Sofort beginnt jetzt der Hebel w, veranlaßt durch Rolle x und Kurvenscheibe y, sich nach links zu bewegen, und, das Rädchen t vor sich her treibend, den Kolben h und damit den Füllinhalt des Zylinders nach links herauszuschieben, s. a. Abb. 7. Das Rädchen t_1 läuft dabei gegen eine Führungsebene. Der Füllinhalt fällt durch den unteren Schüttrumpf z in das untergehaltene Gefäß. z wird, damit ein Hängebleiben der Füllung sicher vermieden wird, durch die Stange a_1 mittels der Rolle b_1 und der Kurvenscheibe c_1 während des Ausschüttens in dauernder Rüttelbewegung gehalten.

Der gabelförmige Hebel a ist inzwischen wieder in seine Lage (wie in Abb. 2 und 4) durch Hebel e_1 mit Rolle f_1 und Kurvenscheibe g_1 zurückgeführt worden. Eine Bremsbacke k_1, die durch Federdruck gegen eine segmentförmige Fläche in die Nute des Hebels a gepreßt wird, soll verhindern, daß der Füllkolben h sich abwärts bewegt, ehe Rädchen d an Scheibe e läuft. Eine zwangläufige Führung an den Scheiben e und g_1 ist hier wegen der Verstellbarkeit des Rädchens d nicht möglich. Damit der Bremsdruck möglichst klein sein kann, ist das Gewicht des Hebels a durch das Gegengewicht d_1 ausgeglichen.

Sämtliche Kurvenscheiben drehen sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Welle h_1.

Abb. 2 bis 4 zeigen die Maschine bei Füllungsbeginn. In Abb. 3 sind die Kurvenscheiben nicht in ihrer richtigen Lage gezeichnet.

Bei diesen Maschinen erreicht man eine einwandfreie Mengenteilung dadurch, daß alle Teile der Maschine auf das genaueste durchgebildet sind, im Gegensatz zu den bisher vielfach für diese Zwecke verwendeten Füllschnecken. Diese Abfüllmaschinen arbeiten nach dem Einrücken fortlaufend. Sie werden in verschiedenen Größen gebaut für Füllmengen von 0,5 bis 1000 g. Etwa 45 Füllungen in der Minute dürften als obere Grenze der Leistungsfähigkeit für diese Maschinenart anzusprechen sein.

Wie Abb. 8 zeigt, kann diese Abfüllmaschine auch mit einem Rundgänger ausgerüstet werden, der besonders das Füllen kleiner Dosen und Glasröhrchen unterstützt, so daß mit seiner Hilfe 60 Füllungen in der Minute ohne weiteres erreicht werden.

2. Einwickelmaschinen.

Die Maschinen, Abb. 9 und 10, dienen vorwiegend zum Einwickeln von Schokoladentafeln, Tabletten, Suppenwürfeln, Seifenstücken usw. Alle Teile der Maschine sind möglichst einfach und kräftig gehalten. Letzteres besonders deswegen, weil nur so ein ruhiges, dauernd gleichmäßiges Arbeiten

[1]) Die dargestellten Maschinen stammen von der Firma „Massenverpackung", G. m. b. H., Berlin. Aehnliche Maschinen werden in guter Ausführung von mehreren deutschen Firmen geliefert.

Abb. 2 und 3. Schnitt durch die Abfüllmaschine.

a Gabelförmiger Hebel
b Hebel
c Handrad
d Rolle
e Kurvenscheibe
f Kolbenstange
g Füllzylinder
h Doppelkolben
k Punkt der Kurvenscheibe *e*
l Hebel
m Schubstange
n, o Rollen
p, q Kurvenscheiben
r Punkt der Scheibe p
s " " " q
t, t_1 Rädchen
u Lage von *t* beim Kippen
w Hebel
x Rolle
y Kurvenscheibe
z Schüttrumpf
a_1 Stange
b_1 Rolle
c_1 Kurvenscheibe
d_1 Gewicht
e_1 Hebel
f_1 Rolle
g_1 Kurvenscheibe
h_1 Welle
k_1 Bremsbacke.

Abb. 4. Die Bewegungsmechanismen der Abfüllmaschine.

Abb. 5. Ansaugmechanismus.

Abb. 6. Kippmechanismus.

Abb. 7. Ausstoßmechanismus.

erreichbar ist. Bei den besonders verwickelten Verfahren der Einwickelmaschinen, die ja mit dem einzuwickelnden, meist besonders empfindlichen Stoffe, mit Metallfolie und mit Klebestoff zu arbeiten haben, sind natürlich Betriebsunterbrechungen und Störungen nicht ganz auszuschließen. Betriebserfahrungen haben aber gezeigt, daß man z. B. bei den hier geschilderten Einwickelmaschinen bis auf 0,3 vH Verlust an Umschlagblättern herunterkommen kann.

Der Arbeitsgang der Maschinen werde kurz wiedergegeben: Die Schokoladentafeln werden auf den absatzweise vorschaltenden Gurt *a*, der über die Rollen *b* und b_1 läuft, aufgelegt und durch diesen Gurt so weit vorgeschoben, bis sie an den Anschlag *c* gelangen. Von dieser Stelle aus werden sie durch den Schieber *d* unter die Falzeinrichtung *e* der Maschine geschoben. Das für die innere Umhüllung benutzte Papier wird von der Rolle *f* oder, falls zwei Innenpapiere verwendet werden, auch von der Rolle f_1 verarbeitet. Das Papier- oder das Staniolband läuft über die Rollen *g* und g_1 bis g_4 und wird durch die Rollen *h* und h_1 absatzweise vorwärts gebracht, wobei es zwischen den Messern *i* und i_1 der Schere hindurch über die inzwischen durch den Schieber *d* unter die Falzeinrichtung geschobene einzuwickelnde Tafel gelangt.

Abb. 9. Einwickelmaschine.

Abb. 8. Abfüllmaschine mit Rundgänger zur Unterstützung beim Füllen kleiner Dosen und Glasröhrchen.

a Gurt
b, b_1 Rollen
c Anschlag
d Schieber
e Falzeinrichtung
f, f_1 Rollen
g, g_1, g_2, g_3, g_4 Rollen
h, h_1 Rollen
i, i_1 Messer einer Schere
k Achse
l Leimröllchen
m Kasten mit Klebestoff
n Papierschacht
o Platte
p Platte
r Oberstempel
s Unterstempel
u Leimröllchen
v Leimkasten
w Rolle.

Abb. 10. Einwickelmaschine, Vorderansicht.

Die Rolle g_2 ist an zwei Hebeln, die auf der sich hin- und herdrehenden Achse k befestigt sind, gelagert und drückt das Papier während eines bestimmten Abschnittes der Förderung auf ein Paar Leimröllchen l, die in dem mit Klebestoff gefüllten Kasten m umlaufen, so daß das Innenpapier an zwei schmalen Streifen in der Längsrichtung mit Klebestoff versehen wird. Sobald die mit Leim versehenen Stellen des Innenpapiers über den Papierschacht n, in dem die für die äußere Umhüllung vorgesehenen bedruckten Umschläge in einem Stapel liegen, angelangt sind, wird der ganze Papierstapel gegen das innere Papier gedrückt, wobei sich die Platte o, die den Papierstapel trägt, nach oben bewegt, bis das Papier gegen die Platte p stößt. Beim Heruntergehen des Papierstapels n bleibt infolge der an den Wänden des Schachtes angeordneten Abstreifvorrichtungen immer das jeweils oberste Blatt an dem mit Klebstoff versehenen Innenpapier hängen und wird von diesem auf seinem weiteren Wege über die Rolle g_4 mitgenommen. Es wird sodann durch die Rolle w so lange auf das Leimröllchen u, das in dem Leimkasten v umläuft, herabgedrückt, bis die zum Verschließen des Paketes erforderliche Länge des äußeren Papiers gummiert ist. Die äußere Hülle gelangt dann weiter mit dem Innenpapier durch die Walzen h und h_1, bis sie über der Schokoladentafel eintrifft, die inzwischen unter dem Falzschacht angekommen ist.

An dieser Stelle wird die Tafel mit den darüber liegenden Papieren zwischen dem Oberstempel r und Unterstempel s gefaßt und durch die Schere das Innenpapier in der richtigen Länge abgeschnitten, worauf sich die beiden Stempel mit der Tafel und den Papierhüllen nach oben bewegen. Dabei wird nunmehr in dem Falzkasten e das Papier umgeschlagen. In der obersten Stellung der Stempel wird jetzt durch seitlich und von vorn unter die Tafel fassende Falzer das noch nach unten herunterhängende Papier auf der Unterseite der Tafel gefalzt und die Tafel dann in die Ausfuhrbahn gestoßen, in der nach jedem Vorschub die Tafeln noch von oben her durch eine in der Zeichnung nicht dargestellte Platte gedrückt werden, damit ein genügend festes Kleben des Verschlusses an der Unterseite der Tafel mit Sicherheit erzielt wird. Am Ende der Ausfuhrbahn können die jetzt fertig eingewickelten Tafeln der Maschine entnommen werden. Die Antriebmittel der Maschine sind in einem

Abb. 12.
Stellung beim Falzen der Verschlußkappe.

Abb. 14.
Stellung beim Auftragen des Klebestoffes.

Abb. 11 bis **14.**
Flachbeutel-Füll- und -Schließmaschine.

RZ 211 Z 10-13

a Träger für den Tütenstapel
b Füllvorrichtung
c Schließvorrichtung
d Stapelbehälter
e Daumenscheibe
f Kurbel
g Kuppelstange
h Schiene
i Tütenöffner
k Revolver
l Führungskurve
m Rädchen
n Fülltrichter
o Sicherungsschiene
p Tütenöffner in Abstreifstellung
q Abstreifer
r, *s* Klemmhalter
t Falzmesser
u Falzhebel
v Haupt
x Rolle am Falzhebel
y Auftragleiste
z Rolle zum Festpressen der Tütenklappe
a_1 Stellung beim Loslassen der Tüte
b_1 Ausstoßrinne
c_1 Leitscheibe.

nach allen Seiten dicht geschlossenen Getriebekasten untergebracht. Papier und Schokolade kommen nicht in die Nähe von geölten und gefetteten Teilen. Das Getriebe kann während des Ganges geschmiert werden.

Im folgenden sind mittlere Leistungen angegeben, die von den oben geschilderten Maschinen ohne weiteres erreicht werden. Die Maschinen machen minutlich:

30 Arbeitsgänge bei Tafeln von 250 g
35 „ „ „ „ 100 „
45 „ „ „ „ 50 „
60 „ „ Napolitains.

3) Flachbeutel-Füll- und -Schließmaschine.

Die Flachbeutel-Füll- und Schließmaschine dient zum Füllen und Verschließen von Flachtüten. Diese müssen der Maschine fertig geliefert werden. Die Bedienung dieser Maschine ist besonders einfach: Die leeren Beutel werden stapelweise in den Beutelschacht eingesetzt, ein Greifer nimmt den unteren Beutel von hier fort, führt ihn unter den Fülltrichter, wo er die genaue Füllung erhält, und bringt ihn in die Falzvorrichtung, wo zunächst die Falzklappe umgebrochen wird; der Klebestoff wird aufgetragen, die Falzklappe völlig umgebogen und festgedrückt, worauf die fertigen Beutel, stehend aneinandergereiht, die Maschine fertig zum Einlegen in die Versandkästen verlassen.

Bei der Maschine, Abb. 11 bis 14, sind drei Hauptteile zu unterscheiden: Der Träger *a* für den Tütenstapel, die Füllvorrichtung *b* und die Schließvorrichtung *c*. Der Stapelbehälter *d* wird durch Vermittlung der Daumenscheibe *e* abwechselnd gehoben und gesenkt. Die Kurbel *f* bewirkt außerdem über die kleine Kuppelstange *g* hinweg eine wagerecht hin- und hergehende Bewegung des Stapelbehälters auf der Schiene *h*. Die auf diese Weise entstehende Viereckbewegung ist so eingerichtet, daß jeweils die unterste Tüte auf den bereitstehenden Tütenöffner *i* geschoben wird. Vier solcher Tütenöffner sind an dem Revolver *k* angebracht, bei dessen Drehung um die senkrechte Achse die Tütenöffner durch Anschlag des kleinen Rädchens *m* gegen die Führungskurve *l* in jene wagerechte Lage gebracht werden, die sie zu der im vorstehenden geschilderten Abnahme der Tüten aus dem Stapel befähigt.

Nach dieser Vierteldrehung des Revolvers kommen die Tütenöffner mit den aufgeschobenen Tüten in senkrechter Stellung (Öffnung oben) vor den Fülltrichter *n*, aus dem sie mit Hilfe der schon bekannten Abfüllvorrichtung (Abb. 1 bis 6) ihre Füllung empfangen. Danach wird die Tüte über eine Sicherungsschiene *o*, die ihr Abgleiten vom Tütenöffner verhindern soll, durch Weiterdrehen des Revolvers in die Stellung *p* gebracht. Hier wird durch einen Abstreifer *q* die Tüte vom Tütenöffner abgezogen und zwischen den Klemmhaltern *r* und *s* auf der umlaufenden Schließvorrichtung *c* festgeklemmt. Nach dem Weiterschalten um 45° wird die Verschlußkappe umgefalzt, Abb. 12. Hier sind *r* und *s* wieder die beiden Klemmhalter, *u* der Falzhebel, der an dem sich abwärts bewegenden Haupt *v* befestigt ist und dessen Rolle *x* das Falzen durchführt. Nach Weiterschalten um 45° wird der Klebestoff aufgetragen. Die Klappe der Tüte hat sich infolge ihrer Elastizität nach dem Umfalzen wieder so weit aufgerichtet, Abb. 14, daß die Auftragleiste *y*, die abwechselnd gegen die Tüte gedrückt und wieder abgezogen wird, die nötige Menge Klebestoff unmittelbar unter die Bruchkante der Tüte abgeben kann. In den weiteren drei Stellungen wird die Tüte jedesmal unter eine Rolle ge-

Abb. 20. Flachbeutel-Füll- und -Schließmaschine.
e_1 Fülltrichter f_1 Tütenstapel g_1 Füllvorrichtung
h_1 Schließvorrichtung

Abb. 15. Überstreifen der Tüte über den Tütenöffner.

Abb. 16. Füllen der Tüte.

Abb. 17. Falzen der Klappe.

Abb. 18. Auftragen des Klebestoffes.

Abb. 19. Festdrücken der Falzklappe.

Abb. 14 bis 18. Arbeitsgänge bei der Flachbeutel-Füll- und -Schließmaschine.

bracht (z. B. bei z in Abb. 11), die durch Ab- und Aufgehen unter Druck die Klappe festpreßt. Bei a_1 lassen die Klemmbacken auf Veranlassung einer Leitscheibe c_1 die Tüte los, die fertig in die Ausstoßrinne b_1 fällt.

Abb. 15 bis 19 zeigen nochmals anschaulich die verschiedenen Arbeitsgänge. Abb. 15 gibt das Überstreifen der Tüte über den Tütenöffner, Abb. 16 das Füllen, Abb. 17 das Falzen der Klappe, Abb. 18 das Auftragen des Klebestoffes, Abb. 19 das Festdrücken der Falzklappe. Abb. 20 gibt noch eine Ansicht der Maschine mit dem Fülltrichter e_1, dem Tütenstapel f_1, der umlaufenden Füllvorrichtung bei g_1 und der umlaufenden Schließvorrichtung bei h_1.

Diese Füll- und Schließmaschine, die völlig selbsttätig arbeitet, packt 40 bis 50 Beutel in der Minute. Sie ersetzt auf diese Weise etwa sieben Handarbeiter, und die Leistungen sind durchaus gleichmäßig. Packungen bis 100 g können bewerkstelligt werden. Der Bedienende hat nichts weiter zu tun, als von Zeit zu Zeit einen neuen Stapel von Beuteln einzulegen und die fertigen Beutel herauszunehmen. [B 211] (Schluß folgt.)

Das Förderwesen auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1925.

In diesem Jahre wurde erstmalig auf der Leipziger Technischen Messe der Versuch gemacht, eine Sonderausstellung „Förderwesen" zu veranstalten. Für die Unterbringung der fördertechnischen Ausstellungsgüter war Halle 6 vorgesehen; es ließ sich aber nicht umgehen, den weitaus größten Teil der Fördermaschinen im Freien unterzubringen, zumal, wenn es sich um Maschinen handelte, die zu große Abmessungen hatten und auch im Betriebe vorgeführt werden sollten. Wieder andere Fördermaschinen, z. B. Krane, die bei der Aufstellung schwerer Meßgüter in verschiedenen Hallen gebraucht worden waren, verblieben an den Verwendungsstellen.

So war in Halle 9 ein 20 t-Viermotorenlaufkran von 18 m Spannweite eingebaut, an dem außer dem Hauptwindewerk ein Hilfswerk von 5 t Tragkraft mit besonderem Motor angebracht war. Der Führerstand befand sich in Kranmitte. Um einen möglichst geräuschlosen Betrieb der auf dem Obergurt laufenden Katze zu ermöglichen, hat man nur Schneckengetriebe für die Kraftübertragung gewählt. Ein in derselben Halle befindlicher 20 t-Kabelkran stellte insoweit eine Neuheit dar, als nicht der Untergurt, sondern ein unter dem Laufsteg gespanntes Kabel als Laufbahn für die Katze diente.

Zwei Drehkrane mit Antrieb durch Benzolmotoren waren vor der Halle, die die Sonderausstellung „Förderwesen" beherbergte, aufgestellt. Sie sind sowohl zum Heben von Stückgut als auch für Greiferbetrieb eingerichtet, bewegen sich mit eigener Kraft auf Schienen vorwärts und können hierbei auf geradem Gleis drei beladene 15 t-Wagen ziehen. Einer der beiden Krane kann auch mit einem Lasthebemagnet arbeiten; zur Erzeugung des hierzu notwendigen Stromes ist im Führerhaus eine Dynamomaschine eingebaut.

Große Aufmerksamkeit erregte auch ein Heißdampflöffelbagger, der zur Eigenfortbewegung Raupenantrieb hatte, aber auch für Betrieb auf Schienen und Straßen eingerichtet werden konnte. Seine regelbare Entladevorrichtung gab die Möglichkeit, durch langsames Ausschütten des Ladegutes in die Eisenbahnwagen diese auch bei größter Schütthöhe zu schonen.

Etwas Neuartiges auf dem Gebiete der Baumaschinen stellt ein Beton-Förder- und -Verteilturmkran dar. An seinem Fuße war eine Betonmischmaschine aufgestellt. Die fertige Betonmischung wurde in Blechbehältern durch einen Aufzug in den Turm hochgezogen und dort einem Sammelbehälter zugeführt, dessen verschließbare Ausflußöffnung über einem einziehbaren Ausleger mit 2mal 3 m Ausladung stand. Ein auf diesem Ausleger befindliches Förderband brachte den Beton zu seinem Verwendungsort an der Auslegerspitze.

In großer Anzahl waren auch Kleinhebezeuge, z. B. Transportkrane mit Handbetrieb bis zu 3 t Tragfähigkeit, 1 m Ausladung und etwa 2,75 m Hubhöhe, vorhanden. Ebenso wurden Winden für Aufzüge, Flaschenzüge für Hand- und elektrischen Betrieb mit verschiedenen Hubgeschwindigkeiten bei Vollast und Halblast vorgeführt. Wertvolle Dienste im Betriebe wird eine der aufgestellten Laufkatzen leisten, deren Hubgeschwindigkeit geregelt werden kann und die zu sanftem Anheben und Senken z. B. von Formkasten geeignet ist.

In den verschiedensten Formen erschienen Drahtseilbahnen auf der Ausstellung und gaben von neuem den Beweis ihrer Verwendbarkeit für jede Art Ladegut und für lange oder kurze Strecken.

Bei Verwendung von Hängebahnen, die mit Weichen und Drehscheiben ausgerüstet sind, ist man in der Lage, auch die Grundfläche der ausgedehntesten Werkanlagen zu beherrschen. Die Weichen und Drehscheiben können von Hand durch einen Kettenzug oder selbsttätig vom Wagen aus eingestellt werden. Bei der konstruktiven Ausgestaltung der Abzweigstellen erscheint ein Herabfallen der Wagen bei falscher oder unvollkommener Weichenstellung ausgeschlossen.

Zum Befördern mittelschwerer Gegenstände, wie z. B. von Ziegelsteinen, Kisten oder Massenfabrikations-Gegenständen, die im Werk einen bestimmten Weg zu nehmen haben, ist ein sogenannter Kreisförderer gut geeignet. Er besteht aus einer endlosen Kette, an der in bestimmten Abständen an einer Schiene hängende, mit 2 Laufrädern versehene Wagen befestigt werden. Zum Antrieb dient ein wagerecht angebrachtes Kettenrad.

Besondere Wichtigkeit für den neuzeitlichen Förderbetrieb haben die Nahfördermittel. Von hohem praktischem Wert ist das fahrbare Förderband, das in verschiedenen Formen mehrmals vertreten ist. Das Fahrgerüst ruht meistens auf zwei Rädern und trägt ein endloses Förderband, das auf Walzen läuft. Die beiden durch Elektro- oder Benzinmotoren angetriebenen Endwalzen geben dem Förderband seine Bewegung und haben 10 bis 15 m Achsenabstand. Als Fördergut kommen hauptsächlich Kies, Steine, Koks, Kohle, d. h. also Schüttgut, in Frage. Die Bandbreite beträgt je nach dem Verwendungszweck etwa 40 bis 50 cm bei einer Leistung von 2 PS. Bei gleichzeitigem Zuschaufeln durch 6 Mann kann die Leistung dieses Förderbandes bei Kies auf etwa 45 t/h gebracht werden. Für längere Strecken kann man mehrere Förderbänder hintereinanderstellen und das Gut von dem einen Band auf das andre übergehen lassen.

Nach demselben Grundsatz sind die Stapelförderer, z. B. für Säcke, gebaut, nur tragen sie auf dem Förderband schmale Halteleisten, so daß sie schräg aufwärts betrieben werden können, ohne daß die Säcke dabei herabfallen. Als höchste Schrägstellung für den praktischen Betrieb wurde der Winkel von 42° gegen die Wagrechte angegeben.

Als ein mit dem geringsten Kraftaufwand arbeitendes Fördermittel muß die Rollbahn genannt werden. Das Fördergut in Form von Kisten bewegt sich auf Grund seines Eigengewichtes über die etwas geneigte Rollbahn mit gleichbleibender Geschwindigkeit, die sich durch Höheneinstellung der Stützböcke regeln läßt. Die Rollen laufen in staub- und wasserdichten Kugellagern und haben leichte Zugänglichkeit. Damit in den Krümmungen das Fördergut nicht abgelenkt wird, sind die Rollen hier kegelig ausgebildet, und zwar derart, daß die gedachte Kegelspitze dieser Rollen im Krümmungshalbmesser liegt.

Unter die Nahfördermaschinen mögen auch noch die Stapelmaschinen gerechnet werden, die von verschiedenen Firmen, jedoch in fast gleicher Ausführung, ausgestellt waren. Es sei hier nur eine Form erwähnt, die fahrbar ist und eine bis in 3,5 m Höhe reichende Bühne für 500 kg Tragfähigkeit trägt. Um die Durchfahrt dieser Stapelmaschinen durch niedrige Türen zu ermöglichen, hat man den oberen Teil des Gerüstes abklappbar eingerichtet.

Wie die heute im Bergbau übliche Gestellförderung ersetzt werden kann, zeigte eine westdeutsche Firma an dem Modell ihrer Schachtkübelförderung, bei dem der Kübel ohne Anwendung von Klinken, Gestängen und sonstigen Teilen, die Brüchen oder Formänderungen ausgesetzt sind, selbsttätig entladen werden kann. Die Betriebsicherheit dieser Anlagen gibt auch die Möglichkeit, sie in den Dienst der Mannschaftsförderung zu stellen. Aufzüge für Baustoffe, die täglich 30- bis 40 000 Mauersteine befördern, Personen- und Lastaufzüge mit vereinfachter Druckknopfsteuerung wurden ebenfalls gezeigt.

In recht verschiedenartiger Aufmachung erschien der Elektrowagen; seine Wendigkeit ist erstaunlich. Eigenartig wirkte seine Benutzung als Personenbeförderungsmittel innerhalb des Ausstellungsgeländes, wo er mit Geschwindigkeiten bis zu 10 km/h verkehrte und sich großer Beliebtheit erfreute.

Für schweren Förderbetrieb zeigte die Ausstellung kleine Motor- und Elektroschlepper für 2 bis 3 t Schlepplast in der bekannten Ausführung. Zum Gebrauch im Grubendienst, im Verschiebedienst, bei der Abraumförderung usw. waren kleine Motorlokomotiven, elektrische Lokomotiven, Druckluft- und Dampflokomotiven ausgestellt, die durchschnittliche Leistungen von 10 bzw. 38, 36 und 220 PS aufwiesen.

Weil bei geringen Leistungen der Lokomotivbetrieb unwirtschaftlich ist, sind auch für den Förderbetrieb Triebwagen ausgebildet worden. Diese bestehen aus einem Kipp- oder Kastenwagen, bei dem man an einer Seite für den Einbau eines kleinen 5- bis 6 PS-Verbrennungsmotors und eines Führerstandes Platz gelassen hatte. Die Bedienung beschränkt sich auf einige leichte Handgriffe.

Erwähnenswert sind im Zusammenhang mit den fördertechnischen Maschinen noch einige Selbstentlade-Güterwagen für großes Fassungsvermögen, deren Einzelheiten jedoch in das Sondergebiet „Eisenbahnwesen" gehören. [N 407] Cramer.

Der Stand des Motorpflugwesens.

Von Professor Dr. Martiny, Halle.

(Forts. von S. 870.)

III. Verbesserungen an bereits vorhandenen Motorpflügen.

1. Verbindung von Schäl- und Saatpflug.

Bei den Tragpflügen[1]) benutzt man zum Schälen von jeher entweder die für das Saat- und Tiefpflügen bestimmten Pflugkörper oder besondere Schälkörper, die man am Pflugbalken befestigt. Letzteres ist ohne weiteres möglich, weil der Pflugbalken geradlinig ist und unter entsprechendem Winkel zur Fahrtrichtung steht. Bei den Anhängepflügen der Schleppflüge[2]) pflegt man den Pflugbalken zickzackförmig zu gestalten, wodurch man eine bessere Durchgangsfreiheit für den vom Pflugkörper angehobenen Erdbalken, mithin eine Verringerung der Verstopfungsgefahr erzielt und außerdem Vorschare und Pflugmesser bequemer an der richtigen Stelle anbringen kann. Die Stufen des Zickzackrahmens stimmen für die Schälpflugkörper nicht, weil diese schmaler sind als die Saat- und Tiefpflugkörper. Man hilft sich neuerdings, indem man unter dem eigentlichen Pflugrahmen für Schälzwecke noch einen besonderen Schälrahmen anbringt, an dem die Schälkörper sitzen, vgl. Abb. 31. Auf diese Weise erhält man einen passenden Schälpflug und spart ein vollständiges besonderes Schälpfluggestell. Das hierbei etwas vermehrte Gewicht des Schälpfluges schadet nichts, weil bei der flachen Furche die Schare große Neigung haben herauszuspringen, so daß eine gewisse Schwere des Schälpfluges nützlich ist.

Abb. 29. Kleiner Anhängepflug „Pinscher“ von Rud. Sack, Leipzig-Plagwitz, als Saatpflug.

Abb. 30. „Pinscher“ als dreischariger Schälpflug.

2. Kleinpflug.

Da der landwirtschaftliche Kleinbesitz weit mehr Fläche umfaßt als der Großbesitz, so muß die Motorpflugindustrie danach trachten, Motorpflüge zu schaffen, die der Bauer bezahlen und wirtschaftlich verwerten kann. Die untere Grenze für einen Motorpflug ist dadurch gegeben, daß er mit einer Pflugschar noch die verlangte Tiefe beim Pflügen erreichen muß. Die kleinsten Tragpflüge von Flader (22 PS) und Körting (12 PS und 18 PS), sogar der Motorpflug der MAN (25 PS), wurden von vornherein so eingerichtet, daß man im Bedarfsfalle mit einer Schar arbeiten konnte. Bei den Anhängepflügen der Schleppflüge dagegen hatte man keine Einscharbauart, eine Lücke, die sich besonders seit dem Auftreten des „Ackerbulldog“ (12 PS) fühlbar machte. Neuerdings gibt es Anhängepflüge, die einscharig betrieben werden können, z. B. den „Pinscher“ von Sack, einen zweischarigen Saatpflug, Abb. 29, der auch als dreischariger oder vierschariger Schälpflug, Abb. 30 und 31, oder als einschariger Tiefpflug mit oder ohne Untergrundlockerer, Abb. 32, benutzt werden kann. Da das rechte Vorderrad in der Vorfurche und das Hinterrad in der Hinterfurche geht, so muß das rechte Vorderrad um eine Furchenbreite nach rechts gegenüber dem vordersten Pflugkörper versetzt sein, das Hinterrad aber in der Furche des hintersten Pflugkörpers laufen. Um dies zu ermöglichen, wird bei der Einrichtung als Drei- oder Vierscharpflug an das Pfluggestell der Abb. 29 noch links hinten ein Ansatzwinkel angeschraubt, an dem das Hinterrad befestigt ist. Bei der Einrichtung als Einscharpflug wird der vordere Pflugkörper der Abb. 29 abgenommen und das rechte Furchenrad mit Achse und Achshalter abgeschraubt und umgedreht wieder angeschraubt, so daß das vorher rechts vom Achshalter laufende Rad nunmehr links von ihm läuft.

3. Greifer[3]).

Wenn man die Greifer so groß nimmt, daß sie auf weichem Boden genügend Halt finden, so ist auf hartem Boden eine große Kraft zu ihrem Eintauchen nötig. Das führt häufig zu einem unvollkommenen Eintauchen. Hieraus ergibt sich, wenn die Greifer quer zur Fahrrichtung

Abb. 31. Anbringung von Schälpflugkörpern an besonderem Rahmen des Saatpfluges.

[1]) d. h. denjenigen Motorpflügen, bei denen die Pflugkörper am Fahrgestell der Zugmaschine befestigt sind; s. a. Z. Bd. 60 (1916) S. 6.

[2]) d. h. derjenigen Motorpflüge, bei denen die Pflugkörper an einem besonderen Fahrzeug sitzen, das an die Zugmaschine angehängt wird.

[3]) Vergl. Martiny, Die Greiferwirkung, „Technik in der Landwirtschaft“ Bd. 5 (1924) S. 197; s. a. Z. Bd. 60 (1916) S. 8.

Abb. 32. „Pinscher“ als Einscharpflug mit Untergrundlockerer.

gestellt sind, ein Holpergang, der bei Tragpflügen die Gleichmäßigkeit des Tiefganges schädigt und für den Führer um so unangenehmer ist, je näher dieser der Triebradachse sitzt. Gemildert wird der Holpergang, wenn man nebeneinander zwei Reihen von Greifern anwendet, die gegeneinander versetzt sind (Ausführung der MAN), Abb. 33 bis 35 und 36 bis 38. Dabei ist in der Mitte des Radmantels der Greiferabstand halbiert, wodurch allerdings die Neigung zum Ansetzen von Boden erhöht wird.

Völlig wird der Holpergang vermieden, wenn man die Greifer schraubenförmig stellt und sie sich in der Seitenprojektion überdecken läßt. Das bedingt, da die Breite der Triebräder beschränkt ist, einen geringen Winkel der Greiferschneide gegenüber der Umfangsrichtung des Triebrades. Beträgt der Winkel 45°, so wird nur etwa ¾ der vom Greifer an den Boden abgesetzten Kraft in der Fahrtrichtung ausgenutzt, und dadurch wird das Verhältnis von Umfangskraft zu Eintauchkraft des Greifers kleiner, mithin der Wirkungsgrad des Motorpfluges ebenfalls kleiner. Die schraubenförmige Stellung mit seitlicher Überdeckung bietet, falls der Greifer stumpf ist, den Vorteil, mit aufgesetzten Greifern auf der Straße fahren zu können, ein Vorteil, der noch verstärkt wird, wenn eine umlaufende Leiste zugefügt wird (Ausführung von Flader, Abb. 39 bis 41 und 42 bis 44). Die stumpfen Greifer bewirken aber ein schwereres Eintauchen, und die Umfangsleiste unterbricht den für die Abstützung nützlichen Zusammenhang des Bodens. Ist der Zwischenraum zwischen den schraubenförmig gestellten Greifern an den entgegengesetzt zur Drehrichtung zeigenden Greiferenden offen (Bauart Bachmann und andre), Abb. 45 bis 47, so klebt der Boden nur wenig an, weil er abrutscht.

Den Teil des Radmantels, auf dem die Greifer aufsitzen, macht man meist schmal, damit nicht zuviel Boden im Winkel zwischen Greifer und Boden festkleben kann. Um trotzdem die Greifer genügend zu befestigen, teilt man wohl den Radmantel in zwei Kränze, zwischen die die Greifer gitterförmig gesetzt werden (Gitterrad von MAN und Flader), Abb. 33 bis 44. Dabei ist die Gefahr, daß klebender Boden, namentlich mit Strohmist oder Stoppeln, den Fensterraum überbrückt, um so größer, je enger dieser ist. Ungünstigenfalls setzt sich der Raum zwischen den Greifern soweit zu, daß diese nicht mehr greifen; in weniger ungünstigen Fällen drückt sich an der Auflegestelle des Rades der Boden durch die Fenster durch, erzeugt aber dabei Reibungsverlust. Für klebenden Boden dürfte keine der neueren Bauarten dem ältesten Greifer von Stock[1] (Greifer quergestellt, etwas schräg zum Halbmesser, so daß er den Boden etwas nach unten drückt, Greifer 300 oder 360 mm breit und 125 mm hoch, aufgesetzt auf einen Triebradmantel von 170 mm Breite) gleichkommen, weil auf dem schmalen Triebradmantel nur wenig Boden anbacken kann; doch bricht bei großem Gewicht auf Boden von geringer Tragfähigkeit der schmale Triebradmantel leicht ein. Ein seitlich vom Triebradmantel angebrachter Greifer, wie in Abb. 48, hat zwar von klebendem Boden noch weniger zu leiden, weil der angebackte Boden restlos nach innen durchtreten kann, und gestattet, den Triebradmantel beliebig breit zu

Abb. 33 bis 35. Linkes Greifertriebrad der MAN.

Abb. 36 bis 38. Rechtes Greifertriebrad der MAN.

[1]) Z. Bd. 60 (1916) S. 8 Abb. 1 und 2.

Abb. 50. Triebrad von Neumeyer mit angebauter Radverbreiterung.

nehmen, was für ein auf dem Lande laufendes Rad bei einem Boden von geringer Tragfähigkeit wertvoll ist, läßt sich aber nicht in so einfacher Weise sicher befestigen und ist aus diesem Grunde von den Hansa-Lloyd-Werken in Bremen wieder verlassen worden. Vergrößert man die Breite des Triebradmantels, Abb. 50, so kann man den Greifer zur Erzielung einer bestimmten Adhäsion schmaler nehmen als auf schmalem Triebradmantel und verringert durch die kleinere Greiferbreite die Gefahr, daß der Greifer durch Verschmutzung unwirksam wird.

Zur Straßenfahrt werden beim Neumeyer-Schlepper, Abb. 48 bis 50, die Greifer auf radialen Stangen nach innen verschoben; das Umstellen geht hierbei rasch; bei Überanstrengung brechen die Stangen. Die MAN legt, um die quergestellten Greifer nicht abnehmen zu müssen, Eisenreifen herum, Abb. 51 bis 56, und erzielt dadurch eine rasche Umstellbarkeit zwischen Feldarbeit und Straßenfahrt. Um Straßen-

Teilung 236
1200⌀
RL 117 Z 5

Abb. 39 bis 41. Linkes Triebrad von Flader.

Teilung 248
1260⌀
RL 117 Z 6

Abb. 42 bis 44. Rechtes Triebrad von Flader.

130
1500⌀
RL 117 Z 1
382
280

Abb. 45 bis 47. Rechtes Triebrad des Greifers von Bachmann.

Abb. 49. Einzeldarstellung zu Abb. 48. Erkennbar sind die drei Kerben zur Einstellung der Eingrifftiefe. Der herausgestellte Greifer steht auf tiefsten Eingriff.

Abb. 48. Triebrad des Neumeyer-Schleppers (Fritz Neumeyer, A.-G., München): die oberen Greifer sind in der Stellung fürs Pflügen, die unteren in der Stellung für Straßenfahrt gezeichnet.

Abb. 57. Triebrad der Pöhlwerke A.-G., Gößnitz, Sa.-Altenb., mit Gummibereifung für Straßen- und Feldfahrt.

fahrten in größerem Umfange zu machen, ohne die Maschine durch die Erschütterungen zu schädigen, legt man auf die eisernen Radmäntel einen aus einzelnen Gummiklötzen gebildeten Reifen auf. Die Absicht ist hierbei, nicht nur das Anwendungsgebiet der Zugmaschine zu erweitern, indem sie auch als Fuhrwerkschlepper benutzt werden kann, sondern auch eine Zugmaschine zu schaffen, die im Gegensatz zum Lastkraftwagen sowohl auf dem Felde wie auf der Straße Schleppdienste verrichten kann. Um hierbei den Übergang zwischen Feld und Straße zu erleichtern, werden beim Triebrad von Pöhl, dessen Greifer gemeinsam in ungefähr radialer Richtung durch Schlitze des Radmantels herausgeschoben werden, die Gummiklötze zwischen den Greifern angeordnet, so daß sie auch bei der Feldfahrt auf dem Rade bleiben können, Abb. 57.

4. Höhenverstellung.

Die Pflugkörper müssen am Anfange der Furche in die Erde gesetzt und am Ende der Furche wieder angehoben werden. Außerdem ist es erwünscht, die Pflugkörper während des Pflügens etwas tiefer oder flacher einstellen zu können. Ein Tieferstellen kann wünschenswert sein, wenn an einer harten Stelle die Pflugkörper die Neigung haben, flacher zu gehen. Ein Flacherstellen kommt in Betracht, wenn an weichen Stellen die Neigung zu größerem Tiefgang vorhanden ist, oder wenn in einer Steigung oder an einer Tonstelle der Motor nicht auf volle Pflugtiefe durchzieht. Freilich wird durch die Verstellmöglichkeit die Gefahr herbeigeführt, daß der auf Prämien gestellte Führer zur Ermäßigung des Brennstoffverbrauchs oder zur Erhöhung der Flächenleistung flacher pflügt als vorgeschrieben und nur in Gegenwart des Aufsichtsbeamten die volle Tiefe nimmt. Die Hersteller der Pflüge sollten daher danach trachten, daß man die Tiefeneinstellung bequem beobachten kann, am besten sogar aus der Ferne mittels Fernglases, oder daß die Tiefeneinstellung selbsttätig aufgezeichnet wird, etwa mittels einer Vorrichtung nach Art des Chronhodographen von der Taxameter-A.-G., Berlin, oder des „Was-War-Wann" von Westendarp & Pieper in Berlin.

Früher geschah das Aus- und Einsetzen der Pflugkörper meist von Hand. In den letzten Jahren ist man immer mehr dazu übergegangen, diese Arbeit dem Führer oder dem Pfluggehilfen abzunehmen, indem man das Ausheben motorisch bewirkt oder von der Fahrbewegung des Motorpfluges ableitet, das Einsetzen ebenfalls motorisch betreibt oder durch freies Fallen geschehen läßt.

a) Beim WD-Tragpflug.

Bisher hatte der WD-Tragpflug Handaushebung. Beim 80pferdigen Großpflug war außer dem Führer noch ein Hilfsmann erwünscht, weil trotz der Auswuchtung des Scharrahmens durch eine Feder die Kraft zum Ausheben beträchtlich groß war. Andre größere Tragpflüge hatten eine vom Motor aus angetriebene Aushebung. Die neue Aushebung des WD-Pfluges arbeitet selbsttätig ohne Getriebe. Vorn an dem zu hebenden Scharrahmen ist ein Hebespieß (nach Art der Bergstützen bei Lastwagen) gelenkig befestigt, der zum Zwecke des Aushebens vom Führer mit der Spitze auf den Boden gesenkt wird, sich in diesem feststeckt und mit seinem andren Ende beim Weiterfahren des Pfluges den Scharrahmen hebt. Nach erfolgter Aushebung kann dieser Hebespieß, ohne daß der Pflug rückwärts zu fahren braucht, in seine ursprüngliche Lage mittels Handhebels vom Führer zurückgebracht werden. Der Scharrahmen wird in der gehobenen Lage durch eine Sperrvorrichtung festgehalten. Heruntergelassen wird er, indem der Führer die Sperrvorrichtung löst. Die Tiefe, bis zu der der Rahmen herunterfallen kann (die verlangte Furchen-

Abb. 54 bis **56.**

Abb. 51 bis **56.** Umlegereifen der MAN

tiefe), wird durch Anschlagbolzen eingestellt. Das schon früher am WD-Pflug vorhandene Handrad gestattet, den Scharrahmen während des Pflügens flacher oder tiefer einzustellen und ihn im Ruhestand auszuheben.

b) Beim MAN-Tragpflug.

Die Höhe des Aushebens ist beim MAN-Pflug deshalb gering, weil sowohl das rechte Vorderrad als auch das Hinterrad des Tragpfluges in der Furche geht, und braucht infolgedessen nur etwa soviel zu betragen, wie die Scharspitzen über die Oberfläche des Bodens kommen sollen. Zum Ausheben entriegelt und dreht der Führer eine links neben ihm angebrachte Handkurbel, Abb. 58 und 59. Zum Einsetzen entriegelt er das Hebegetriebe, so daß die Pflugkörper bis zu einem Anschlag herunterfallen. Da der Anschlag federt, so kann der Führer während des Pflügens durch Drehen der Handkurbel nach Bedarf die Pflugschare tiefer oder flacher einstellen, als es der Grundeinstellung entspricht. Die Wirkungsweise der Aushebevorrichtung geht aus Abb. 60 und 61 hervor. Die in einem Rohr gelagerte Welle der Handkurbel ist durch einen Kegelradtrieb und einen Stirnradtrieb mit dem Hebel verbunden, der den Pflugrahmen aushebt, und ist für gewöhnlich verriegelt. Zum Senken des Pflugrahmens wird die Kurbelwelle axial verschoben, Abb. 60, so daß der Kegelantrieb außer Eingriff kommt und der Pflugrahmen durch sein Gewicht herunterfällt. Zum Heben und Tiefenverstellen des Pflugrahmens wird die Verriegelung durch Drücken auf einen Knopf an der Kurbel gelöst, Abb. 61, und die Kurbel gedreht. Soll das Pfluggerät durch einen zweiten Mann ausgehoben und im Tiefgang geregelt werden, so wird das zur Lagerung der Kurbelwelle dienende Rohr in die punktierte Lage umgelegt.

RZ113Z58u.59

Abb. 58 und 59. MAN-Pflug mit Aushebevorrichtung.

c) Beim Flader-Tragpflug.

Das Pfluggrindel wird motorisch durch Treten auf ein Pedal umgeschaltet und schaltet sich im höchsten Punkte selbsttätig aus, Abb. 62. Durch Drehen des vor dem Führersitz befindlichen Handrades wird es eingesetzt, wobei der Führer die erreichte Tiefeneinstellung an einem Skalenanzeiger erkennt. Mittels des Handrades kann der Führer während des Pflügens den Pfluggrindel flacher oder tiefer stellen und kann während des Motorstillstandes den Grindel ausheben.

d) Bei den Anhängepflügen.

Bei den Anhängepflügen der Motorschlepper wird bereits seit einigen Jahren[1]) die selbsttätige Aushebung vom linken Vorderrad aus bewirkt, und die Aushebevorrichtung wird durch Druck auf einen Hebel oder Zug an einer Kette eingeschaltet, und zwar bei größeren Anhängepflügen durch den Hilfsmann, bei kleineren Anhängepflügen durch den Führer des Schleppers. Jetzt ist aber bei den kleinen Anhängepflügen auch die Einrichtung geschaffen, daß während des Pflügens der Tiefgang vom Führersitz aus flacher oder tiefer gestellt werden kann, nämlich durch Drehen an der Handkurbel *k*, Abb. 63 bis 66, die vom Führersitz des Schleppers aus während der Fahrt betätigt werden kann. Durch diese Kurbel wird ein Anschlag verstellt, der die tiefste Lage der Schäre bestimmt.

Abb. 60 und 61. Tiefenregelung am MAN-Pflug.

Aushebung umgestellt für 2 Mann Bedienung
Tiefgangregler
Dämpfungsfeder beim Einsenken
Scharrahmen mit Pflugkörpern
RZ113Z60u.61

[1]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) S. 128.

Abb. 62. Höhenverstellung des Flader-Pfluges.

Abb. 63 und 64.

Abb. 65 und 66.

a Anschlag
b Hebel
c „
d Zugleine
e Lagerschild
f Zugstange
k Kurbel
w gekröpfte Welle

Abb. 63 bis 66. Handhöhenverstellung beim „Pinscher" von Sack.

Abb. 67. Pflug, ausgehoben.

Abb. 68. Pflug vor Ausheben.

Abb. 69. Pflug nach Ausheben.

Abb. 67 bis 69. Aushebevorgang beim „Pinscher".

Die einzelnen Stellungen des Aushebevorganges sind in Abb. 67 bis 69 dargestellt; und zwar zeigt Abb. 67 die Stellung vor dem Einsetzen des Pfluges, Abb. 68 den Beginn des Aushebens (Zahnbogen beginnt in das Zahnrad *i* einzugreifen), Abb. 69 das Ausheben. Die Pflugkörper werden dadurch ausgehoben und eingesetzt, daß die gekröpfte Welle *w* um die Mitten der Fahrräder schwingt. Auf der Kröpfung *w* (in Abb. 65 und 66) sitzt der Hebel *c*. Dieser trägt einerseits die Zugstange *f*, die zum Ausheben des Hinterrades dient, anderseits den Anschlag *a*, der beim Senken gegen den Hebel *b* schlägt. Der Hebel *b* wird durch Drehen der Kurbel *k* verstellt. Wenn der Führer während des Pflügens die Kurbel in dem einen Sinne dreht, so entsteht am Anschlag Luft, und infolgedessen ziehen sich die Pflugkörper tiefer in den Boden. Wenn er im umgekehrten Sinne dreht, so hebt er mittels des Anschlages die Pflugkörper in die Höhe. Die letztere Bewegung kann auch dazu benutzt werden, den Pflug im Stillstand von Hand auszuheben. [B 113]

(Schluß folgt).

Der gegenwärtige Stand der Steinkohlenschwelung in Deutschland.

Von Direktor Dipl.-Ing. Cantieny, Berlin.

Auszug aus einem Vortrag auf der vom Gauverband Rheinland und Westfalen des Vereines deutscher Ingenieure veranstalteten Kohlentagung am 25. bis 27. April 1925 in Essen.

(Schluß von S. 553.)

Weitere Betriebsergebnisse.

Die Versuchsreihen zeigten, wie bereits angedeutet, daß der Halbkoks um so spröder und leichter wird, je mehr Dampf man während der Schwelung zugibt, daß er härter und dichter wird, wenn man nicht über 10 vH Feinhalbkoks zugibt, und daß er am härtesten wird, wenn man bis zu 10 vH Koksasche von 0 bis 10 mm zugibt. Zahlentafel 1 enthält die gemessenen Werte.

Zahlentafel 1.

	Art der Halbkokserzeugung	Scheinbares spez. Gewicht
1	Halbkoks aus Staubkohle ohne Dampf und ohne Beimischung	0,80
2	Halbkoks aus Staubkohle mit 10 vH Dampf und ohne Beimischung	0,74
3	Halbkoks aus Staubkohle mit 5 vH Dampf und mit 10 vH Feinhalbkoks	0,81
4	Halbkoks aus Staubkohle mit 5 vH Dampf und mit 20 vH Feinhalbkoks	0,66
5	Halbkoks aus Staubkohle mit 5 vH Dampf und mit 10 vH Koksasche	0,86
6	Halbkoks aus Staubkohle mit 5 vH Dampf und mit 20 vH Koksasche	0,79

Die günstigsten Zahlen aus dieser Zusammenstellung entsprechen den von Fischer und Krönig[1]) und anderen[2]) genannten oberen Werten.

Bei allen Mischversuchen ist von Fall zu Fall zu untersuchen, ob eine Mischung überhaupt Zweck hat. Dort, wo Wert auf ein weiches leicht zerreibliches Material gelegt wird, wird man backende Schwelkohle durch geeignete Zusätze von Anteilen, die die Backfähigkeit herunterdrücken, magern. Dort, wo jedoch stückiger Brennstoff gewonnen werden soll, muß der günstigste Wert der Backfähigkeit gesucht werden, wobei unter Umständen nichtbackende oder schlecht backende Kohle mit einer Backkohle gewissermaßen anzufetten ist.

Wie aus den mitgeteilten Elementaranalysen von Staubkohle und Halbkoks ersichtlich ist, hat sich der N_2- und S-Gehalt des Halbkokses gegenüber der Ausgangskohle nicht viel verändert. Das Verwenden von 5 vH Wasserdampf während der Schwelung bewirkt, daß sich der N_2-Gehalt im Halbkoks um rd. 10 vH erniedrigt, gegenüber der Schwelung ohne Dampfzusatz. Hinsichtlich des S-Gehaltes bewirkt die Wasserdampfzugabe im vorliegenden Fall kaum eine nennenswerte Veränderung. Letzterer Befund deckt sich nicht mit einem Teil der Literaturangaben[2]). Es spielt jedoch bei diesen Vorgängen der N_2- und S-Befreiung der Kohle eine ganze Reihe Einflüsse, besonders die Temperatur, mit, wodurch die zum Teil einander widersprechenden Angaben wohl zu erklären sind.

Der Halbkoks ist in Karnapp und Umgebung ein beliebter Hausbrand geworden und wird gern als Deputatkohle genommen, nachdem sich auf Grund von angestellten Versuchen ergeben hat, daß er sich bei geeigneter Ofenkonstruktion, wie sie in den normalen Dauerbrennern vorliegt, als ein dem Anthrazit nahezu gleichwertiger Brennstoff verfeuern läßt. Der anteilig hohe Aschengehalt stört nicht, da die Asche pulverförmig anfällt. Lediglich das niedrige Schüttgewicht bedingt ein etwas häufigeres Bedienen der Öfen. Dieser geringe Nachteil wird aber dadurch aufgehoben, daß Halbkoks bedeutend billiger abgegeben werden kann als Anthrazit.

Im Generator läßt sich der Halbkoks ausgezeichnet vergasen. Auch hier stört der verhältnismäßig hohe Aschengehalt nicht, da die Schlacke leicht zerreiblich anfällt. Bei Versuchen der MAN, Nürnberg, in einem der mit Wassermantel versehenen MAN-Gaserzeuger von 3 m Dmr. wurden bei Verwenden eines feuchten Halbkoks von 17 vH Wasser, 18,21 vH Asche und 10,6 vH flüchtigen Bestandteilen in 24 h 27 t durchgesetzt. Der Halbkoks hatte folgende Körnung: 33 vH von 0 bis 5 mm, 9 vH von 5 bis 10 mm, 26,5 vH von 10 bis 20 mm und 31,5 vH von 20 bis 90 mm. Der Wirkungsgrad der Vergasung schwankte während der Versuchsdauer zwischen 80 und 84 vH. Der Heizwert des Generatorgases betrug 1300 kcal. Im Dauerbetrieb wird der heiße Grobkoks aus der Aufbereitung unmittelbar in den Gaserzeuger gegeben und nach Bedarf trockner Feinkoks in jeweils festgesetzten Mengen zugefügt.

Für Kohlenstaubfeuerung läßt sich der Feinhalbkoks, da er trocken anfällt, ohne weiteres verwenden. Die Mahlkosten steigen zwar um ein Geringes, aber der Betrieb verläuft einwandfrei. Während des Schwelens verschwinden rd. 15 bis 20 vH der löslichen Salze der Asche, so daß der Salzgehalt des Halbkoks etwa dem der Ausgangskohle gleich ist. Es hat sich als ratsam erwiesen, beim Schwelen von Halbkoks für Kohlenstaubfeuerung die Schwelung so zu leiten, daß der anfallende Halbkoks noch rd. 15 vH flüchtige Bestandteile enthält.

In diesem Zusammenhang sei noch auf Versuche hingewiesen, die in der Gießerei Mathias Stinnes in Karnap unter Leitung von Altroggen ausgeführt wurden und zur Zeit noch fortgesetzt werden. Mehrere Versuchsreihen zeigten, daß der in der Schwelanlage erzeugte Halbkoks sich als Zusatz zum Gießereikoks gut eignet. Der bisherige Satz, 300 kg Roheisen und Schrott mit 24,5 kg Gießereikoks, also rd. 8 vH Brennstoff, konnte für die gleiche Eisenmenge mit 7 kg Koks und 11 kg Halbkoks, d. i. 6 vH, mit gutem Erfolg ersetzt werden unter gleichzeitiger Verbesserung des Schmelzflusses; es liegt also eine Ersparnis von 6,5 kg Brennstoff, d. i. rd. 25 vH, vor. Der an sich hohe Schwefelgehalt im Halbkoks von rd. 1,5 vH störte angesichts der Verringerung der Satzkoksmenge nicht. Nach Osann sollen rd. 30 vH des Koksschwefels in das Eisen wandern. Bei Koks mittlerer Güte mit 1,0 bis 1,2 vH Schwefel würden somit von 100 Teilen rd. 0,33 vH Schwefel in das Eisen gehen, dagegen von dem vorliegenden Halbkoks (mit 1,5 vH Schwefel) 0,45 vH Schwefel. Da sich der Satzkoks insgesamt aber um 25 vH erniedrigt, wird der Schwefelgehalt des gegossenen Eisens für den vorliegenden Fall theoretisch sogar noch um rd. 10 vH herabgesetzt. — Der praktische Versuch hat ergeben, daß der Schwefelgehalt des gegossenen Eisens noch unter dem theoretisch errechneten Betrag liegt. Versuche, nur mit Halbkoks zu schmelzen, führten noch zu keinem Ergebnis.

Es sei noch nachgetragen, daß sich Stückhalbkoks auch als Schmiedekohlenersatz verwerten läßt. Besonders beim Rohrbiegen konnten Vorteile gegenüber der Verwendung normaler Schmiedekohlen festgestellt werden, da das Eisen stets viel heißer wurde. Der Verbrauch an Schmiedekohle, umgerechnet auf trockenen Brennstoff, verringert sich beim Verwenden von Halbkoks um rd. 10 vH; die Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

Der Urteer, der in Karnap gewonnen wird, ist in jeder Hinsicht als gut zu bezeichnen. Der Staubgehalt des Rohurteers ist weit geringer als beim Kokereiteer; denn dieser darf 3 bis 8 vH freien Kohlenstoff, d. h. Benzolunlösliches enthalten, während der Karnaper Rohurteer im Dauerbetrieb zwischen 0,5 und 2,5 vH Staubgehalt zeigt. Dieses Ergebnis wird ohne mechanische Filterung erzielt. Ursprünglich war vorgesehen, das mit Teerdämpfen beladene, heißgehaltene Schwelgas in einem geheizten, mit stückigem Material beschickten Filter von Staub zu be-

[1]) Förster und Krönig, Brennstoffchemie, 1924.
[2]) Dolch, Halbkoks, Verlag Wilhelm Knapp, Halle a. S. S. 24.

freien. Es hat sich aber gezeigt, daß die Anordnung der geheizten Doppelvorlage allein genügt, um diese Reinheit des Urteers zu erreichen. Der Staubgehalt des Teers besteht nicht aus Halbkoksstaub, sondern aus Kohlenstaub, so daß er sich in der Ruhe in großen Lagerbehältern immer weiter absetzt. Ein kurze Zeit gelagerter Teer verläßt mit höchstens 1,5 vH freiem Kohlenstoff die Anlage.

Die Scheidung des Rohurteers von Wasser geht ebenfalls glatt von statten. Der Teer aus der Grube zeigt bei einem spezifischen Gewicht von 1,04 bis 1,05 selten mehr als 5 vH davon. Längeres Stehenlassen bewirkt ein weiteres Entwässern, so daß der zum Versand kommende Urteer nicht über 2 bis 3 vH Wasser aufweist. Ein entwässerter Rohurteer wird durch folgende Werte gekennzeichnet (Mittelwerte von nicht abgesetztem, aus der laufenden Erzeugung entnommenem Urteer):

Spez. Gewicht	1,05	bis 100 °C gehen über	5,0 vH
Wasser	3,6 vH	„ 170 „ „ „	8,1 „
Freier Kohlenstoff	1,0 „	„ 200 „ „ „	15,1 „
Phenole	23,0 „	„ 230 „ „ „	21,2 „
Stockpunkt	− 6 °C	„ 270 „ „ „	34,3 „
Siedebeginn	94 „	„ 300 „ „ „	39,5 „
		„ 360 „ „ „	68,5 „

Der obere Heizwert dieses Rohteers beträgt 9530 kcal.

Die Destillation im Großbetrieb in der stehenden Blase gibt ähnliche Werte. Die Ölausbeute aus Rohurteer beträgt dort (bis 360 °C) 63 vH und die Pechausbeute 31 vH (dieser Wert beträgt bei der Destillation von Kokereiteer bekanntlich 52 bis 55 vH). Der Rest von 6 vH ist Wasser und Destillationsverlust.

Das Pech ist bei der Destillation in der stehenden Blase dem Aussehen nach dem Kokereiteerpech gleich. Der Erweichungspunkt liegt bei der Darstellung im Großbetrieb bei 73 °C; von der dritten Fraktion (270 bis 360 °) ab wurde mit etwas Vakuum gearbeitet.

Durch die Arbeit des Leiters der Versuchsanstalt der Stinneszechen, Dr. Weindel, und seiner Mitarbeiter ist es nunmehr auch gelungen, gewisse Anteile des Urteers zu veredeln, so daß die Karnaper Anlage bereits in der Lage ist, für 100 kg Rohurteer 15 ℳ zu erzielen. Wenn solche Fälle auch nicht verallgemeinert werden dürfen, so wird die Wirtschaftlichkeit einer Schwelanlage durch solche Tatsachen naturgemäß stark beeinflußt. Die Verarbeitung auf Azeton und Karbolsäure, die oft im Zusammenhang mit der Urteergewinnung genannt wird, lohnt sich bei den vorliegenden Schwelerzeugnissen nicht.

Die guten Eigenschaften des Karnaper Urteers sind in erster Linie wohl auf die Eigenart der Schweltrommel zurückzuführen, daß die flüchtigen Schwelerzeugnisse nicht im Gleichstrom mit dem Halbkoks den Ofen durchwandern und hierbei noch mehr oder weniger durch Überhitzung zersetzt werden können, sondern im Augenblick des Entstehens aus der Schwelzone abgesaugt werden.

Das Urteerbenzin wird zusammen mit dem Schwelbenzin des Gases nach besonderem Verfahren gereinigt, ohne dabei nennenswerte Waschverluste zu erleiden. Die Anteile des Gasbenzins werden mittels Braunkohlenparaffin-Waschöles von den Hugo Stinnes-Riebeck-Montan-Werken in bekannter Weise aus dem Schwelgas herausgewaschen; in 1 m³ Rohgas sind rd. 65 g auswaschbare Anteile enthalten[1]). Die beiden vereinigten Benzinanteile haben sich als Motorenbetriebstoff bereits bewährt; zur Zeit werden noch Versuche im Kraftwagenbetrieb durchgeführt, die versprechen, daß dies Erzeugnis im Explosionsmotor einwandfrei arbeitet.

Ein durchschnittliches Rohleichtöl aus der Abtreiberanlage zeigt folgende Werte:

spez. Gewicht	0,770	bis 100 °C gehen über	46,0 vH
Siedebeginn bei	37 °C	„ 110 „ „ „	54,5 „
bis 60 °C gehen über	8,5 vH	„ 150 „ „ „	71,5 „
„ 70 „ „ „	16,5 „	„ 170 „ „ „	75,5 „
„ 80 „ „ „	26,0 „	„ 200 „ „ „	90,0 „
„ 90 „ „ „	36,5 „		

Der Heizwert dieses Rohbenzins beträgt 11 930 kcal, der Heizwert des Rohteerbenzins 11 150 kcal.

[1]) Über diese Vorgänge wird in der Zeitschrift „Das Gas- und Wasserfach" näher berichtet werden.

Das von Benzin befreite Schwelgas hat durchschnittlich einen oberen Heizwert von 6500 bis 7500 kcal. Die Dichte des Gases (bezogen auf Luft = 1) beträgt im Mittel 0,75 bis 0,78.

Eine Analyse zeigt folgende Mittelwerte:

CO_2	3,8 vH	O_2	0,4 vH	CH_4	27,4 vH
H_2S	2,6 „	CO	4,2 „	C_2H_6	18,6 „
C_mH_n	3,5 „	H_2	15,6 „	N_2	23,9 „

Das Schwefelwasser enthält unwesentliche Mengen, bis 0,3 g/l, gelöster organischer Anteile und bis 3 g/l NH_3. Bei Dampfzusatz während der Schwelung wird die Konzentration des fast ausschließlich gebunden vorliegenden Ammoniaks entsprechend erniedrigt. Sobald das Schwelwasser noch 2 g/l NH_3 enthält, geht es zur benachbarten Kokerei und wird dort in den NH_3-Waschprozeß eingeschaltet, wodurch die entsprechende Menge Frischwasser gespart wird. Emulgierte Teeranteile sind im Schwelwasser nicht enthalten.

Die hier an Schwelanlagen zum ersten Mal verwandte Umlauffeuerung hat sich gut bewährt. Die erhoffte leichte Regelbarkeit der Temperatur der genannten Schwelzone sowie der geringe Unterfeuerungsbedarf haben sich im Dauerbetrieb feststellen lassen. Der Unterfeuerungsbedarf beträgt z. B. bei einem Tagesdurchsatz von 73 t grubenfeuchter Staubkohle von 6670 kcal/kg, vermischt mit 10 vH, d. i. 7,3 t, trockenem Feinhalbkoks von 6560 kcal/kg je Tonne Koks 25 600 m³ Generatorgas mit 1310 kcal oberem Heizwert, was, je nachdem, ob auf Kohle allein oder Kohle und Zusatz bezogen wird, einem Unterfeuerungsanteil von 6,3 oder 6,9 vH entspricht. Gegenwärtig sind jedoch die Abstrahlverluste, besonders des Umlaufkanals, noch sehr groß. Durch Verlegen des Kanals und durch Isolieren darf noch eine Verbesserung erwartet werden. Die Temperatur der Rauchgase wird in der Heizzone auf 650 bis 700 °C gehalten; versuchsweise wurde auch mit 750 °C gearbeitet. Auch hierbei zeigten sich keine Anstände, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß durch die Innentrommel, den Tragkörper der Doppeltrommel, eine starke Wärmeableitung stattfindet. Die Rauchgase weisen zwischen 14 und 16 vH Kohlensäure auf.

Sämtliche für den Betrieb wichtigen Temperaturen werden thermoelektrisch gemessen und selbsttätig aufgezeichnet. Ein eingebauter CO_2CO-Schreiber gestattet ferner die Beheizung so zu leiten, daß mit einem Mindestluftüberschuß gearbeitet werden kann. Gleichzeitig gibt die Abwesenheit von CO stets zu erkennen, daß keine Nachverbrennung längs der Trommel möglich ist.

Daß tatsächlich keine nennenswerten Oxydationen eingetreten sind, beweisen Untersuchungen von Fried. Krupp, A.-G., an Probeblechen, die an die Trommelwand angenietet worden waren. Es zeigte sich eine geringe Abnahme der Härte und damit der Festigkeit auf rd. 80 vH des ursprünglichen Wertes. Im übrigen konnte kein ungünstiger Einfluß der Rauchgase festgestellt werden. Drei Probebleche wurden um 180 ° kalt zusammengebogen, ohne den geringsten Anriß zu zeigen, was beweist, daß der Stahl seine Zähigkeit behalten hat.

Wirtschaftlichkeit und Anwendungsmöglichkeit der Steinkohlenschwelung.

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, daß die Wirtschaftlichkeit eines Schwelverfahrens von einer ganzen Reihe verschiedener Einflüsse abhängt und stets von Fall zu Fall untersucht werden sollte. Neben den Einstandspreisen für die Rohkohle werden die zu erzielenden Preise der Enderzeugnisse, vor allem aber der Durchsatz und der gleichmäßige Arbeitsgang der betreffenden Anlage ausschlaggebend sein.

Ganz allgemein läßt sich sagen, daß bei den Verhältnissen im Ruhrgebiet, unter Zugrundelegung der Betriebsergebnisse der Karnaper Anlage, beim Durchsatz von Staubkohle zu 10 ℳ für 1 t, eines Verkaufpreises von 5 ℳ für 100 kg Rohurteer und eines Halbkokspreises, der dem von Generatorkohle nahe kommt (nur bezogen auf die 70 vH Stückhalbkoks), die Wirtschaftlichkeit einer Ein-Trommel-Anlage bei einem Durchsatz von 50 t/24 h beginnt. (Die Erlöse für Gas, Rohbenzin usw. entsprechen Normalpreisen). Bei einem Staubkohlenpreis von rd. 7 ℳ

beginnt die Wirtschaftlichkeit bereits bei ungefähr 35 t Tagesdurchsatz. Bei einem Urteerpreis von 15 ℳ für 100 kg und einem Staubkohlenpreis von 10 ℳ bzw. 7 ℳ liegen diese Grenzen bei Tagesdurchsätzen von rd. 40 t bzw. rd. 25 t. Wenn der Stückhalbkoks zu noch etwas höheren Preisen, z. B. als Hausbrand, abgesetzt werden kann, verschiebt dies die Wirtschaftlichkeit ebenfalls im günstigen Sinne. Der Unterschied der vorstehend genannten Mindestdurchsätze gegenüber den im Dauerbetrieb erzielten kennzeichnet die zu erreichenden Überschüsse. Hierbei sei noch bemerkt, daß Gleisanschluß, Bunker- und Fördereinrichtung sowie die Kondensation bei der Karnaper Anlage von vornherein reichlich bemessen wurden und erst voll ausgenutzt sein werden, wenn mehrere Drehöfen im Betrieb sind. Besonders günstig dürften die Verhältnisse für die Schwelung z. B. in Oberschlesien liegen, wo die Feinkohle nach den amtlichen Richtpreisen des Reichskohlenverbandes mit 5,20 ℳ/t bewertet wird, wo man aber in Wirklichkeit Preise nennen hört, die sich in der Höhe von 2 ℳ/t bewegen. Für diesen Fall ist es möglich, einen Halbkoks als Zusatz zur Kokskohle zu einem so niedrigen Preis zu erschwelen, daß die Wirtschaftlichkeit des den Halbkoks verbrauchenden Kokereibetriebes günstig beeinflußt wird. Ähnliches gilt auch in den genannten Gebieten für die Erschwelung von Halbkoks für die in Frage kommenden metallurgischen Industriezweige.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß jede Schwelung nur dann in Frage kommen kann, wenn für den Halbkoks eine gute Verwendung gegeben ist, wie dies bereits Thau[1]) und andere Fachleute[2]) betont haben. Da der Halbkoks teils stückig, teils feinkörnig anfällt, sind folgende Verwendungsmöglichkeiten zu unterscheiden:

I. Für stückigen Halbkoks:

a) Für Industriefeuerungen und Hausbrand. Weil der Halbkoks billiger abgegeben werden kann und noch eine Menge flüchtiger Bestandteile enthält, die ihn leichter zündbar machen, wird er in vielen Fällen den Kokereikoks verdrängen; im Hausbrand (für Dauerbrandöfen und Zentralheizungen) besonders dann, wenn der Kleinhandel sich erst entsprechend eingestellt hat. Diese Verwendungszwecke wurden bisher erschwert durch die leichte Zerreiblichkeit des Halbkoks, die ein weiteres Verfrachten und häufiges Umladen ausschloß. Wie im Vorstehenden dargetan, ist man durch entsprechende Leitung des Schwelverfahrens heute jedoch in der Lage, diesem Übelstand zum Teil abzuhelfen, wenn der Halbkoks wohl auch kaum, das liegt in der Natur seiner Herstellung, so hart und tragfähig werden wird, wie guter Kokereikoks.

b) Für Gaserzeuger. Nachdem die Frage der größeren Festigkeit zum Teil gelöst ist, hat sich der Halbkoks im Gaserzeuger schon in vielen Fällen bewährt, besonders dort, wo das Erzeugen eines hochwertigen Generatorgases erwünscht ist, wie es für viele technische Zwecke gefordert wird.

c) Für Gießereischmelzöfen und vielleicht sogar für Hochöfen. Hierauf zielende Bestrebungen in den Vereinigten Staaten sind schon bekannt geworden. Allgemein wird man beim Halbkoks hier auf einen niedrigen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen gehen (etwa 10 vH und darunter), da es hauptsächlich die gut entwickelte Reaktionsoberfläche des Halbkoks ist, die ihn als besonders gut geeignet für den genannten Zweck erscheinen läßt.

II. Für feinkörnigen Halbkoks:

a) Für Staubfeuerung. Der Verbrennung von Halbkoksstaub stehen keine Bedenken gegenüber. Allerdings erfordert sein Vermahlen einen erhöhten Kraftaufwand und hat zur Voraussetzung, daß er in durchaus trockner Form anfällt, d. h. daß von dem bisher üblichen Naßlöschen abgesehen wird. Für diesen Verwendungszweck soll der Anteil an flüchtigen Bestandteilen rd. 15 vH betragen.

b) Als Magerungsmittel und Zusatz zu Kokskohlen führt sich der Halbkoks schon in vielen Fällen ein; manche Kohlen, die früher nicht bzw. nur schwer verkokt werden konnten, sind auf diese Weise hierfür verwendbar zu machen; hingewiesen sei auf die Versuche in Oberschlesien und im Saargebiet, wobei das bisher übliche Stampfen der Kokskohle vermieden wird. Der Bezug von Zusatzkohlen aus fernliegenden Bezirken kann dann entfallen. Der Anteil an flüchtigen Bestandteilen im Zusatz soll dem Vernehmen nach nicht unter 15 vH liegen.

c) Für Briketts.

d) Für metallurgische Zwecke, z. B. Zinn- und Zinkverhüttung (vgl. auch I c).

Gegenüber dem Halbkoks treten die anderen Erzeugnisse, Urgas und Teer, zurück; aber der Vollständigkeit halber möge über ihre Verwendungsmöglichkeit noch folgendes gesagt werden.

Urteer. Die normalen Verwendungsmöglichkeiten als flüssiger Brennstoff für die Teerölfeuerung bezw. als Treiböl in Kraftmaschinen kommen ohne weiteres auch für die entsprechenden Urteeranteile in Frage. Hinsichtlich der Verwendungsmöglichkeit als Schmieröl ist erneut zu sagen, daß es bis jetzt noch nicht gelungen ist, auf wirtschaftlichem Wege hochwertige Schmieröle aus Urteer als Ersatz für die gleichen ausländischen Marken herzustellen. Bei weniger hohen Anforderungen werden aber gewisse Urteeranteile doch noch ausreichend für Schmierzwecke zu verwenden sein. Die Phenole sind u. a. als Tränköle für Holz mit Vorteil verwendbar.

Urgas wird in allen Brennstellen verwendet werden, in denen eine starke Temperaturentwicklung erwünscht ist. Von Fall zu Fall wird zu untersuchen sein, ob man das Verfahren der Schwelkohle-G. m. b. H.[3]) anwenden soll, wobei das Schwelgas verdichtet wird und durch Verflüssigung Benzin und ein flüssiges Schweißgas, Gasol genannt, erhalten wird.

Als Zumischung für die Gasfernversorgung kann das hochwertige Urgas sehr wertvoll sein; ein Beispiel mag dies erläutern. Muß z. B. ein Heizwert von 5000 kcal/m³ von den Kokereien für die Gasversorgung gewährleistet werden, so genügt die Zugabe von 4000 m³ Schwelgas von 7500 kcal zu 50 000 m³ Koksofenüberschußgas von rd. 4800 kcal, um den zugesicherten Heizwert zu erreichen. Die Dichtenerhöhung, die wohl bei der Gasversorgung auf große Entfernungen zu beachten wäre, ist unbedeutend. In dem genannten Beispiel würde sich die Dichte des Koksgases von 0,45 auf rd. 0,47 erhöhen.

In Erkenntnis der vorstehenden Verwendungsmöglichkeiten aller Schwelerzeugnisse wäre jetzt die Frage zu erörtern:

Wann und wo ist die Schwelung der Steinkohle am Platze?

1. Bei allen gasreichen Sorten, die sich zum Verkoken auf Zechen oder in der Gasanstalt oder zur Verwendung im Gaserzeuger nicht eignen. Von Bedeutung sind besonders folgende Möglichkeiten:

   a) Schaffen eines geeigneten Reduktionsstoffes für die Aufbereitung gewisser Erze, so daß der Bezug und die Verwendung von Koks oder sonstigem Reaktions- bzw. Reduktionskohlenstoff umgangen werden kann. Eine Zinkhütte, die z. B. eine größere Anzahl Generatoren zur Erzeugung von Gas für mancherlei metallurgische Öfen betreibt, wird zweckmäßig an Stelle der zu beziehenden Generatorkohle vorhandene oder billigere gasreiche Kohle verschwelen und dann den Halbkoks an Stelle der Kohle verstochen, wodurch auch der Vergasungswirkungsgrad erhöht wird. Der Feinhalbkoks ist dann für metallurgische Zwecke, d. h. im vorliegenden Beispiel für die Zinkreduktion, zu verwenden.

   b) Schaffen eines Halbkoks, der genügend fest ist, und der den Hüttenkoks im Schmelzofen teilweise ersetzt.

[1]) Glückauf Bd. 59 (1923) Heft 2.

[2]) Dolch, Halbkoks, Verlag Wilhelm Knapp, Halle a. S.

[3]) Zeitschr. f. angew. Chemie Bd. 37 (1924) S. 252.

2. Bei Kokskohlen, wenn für den Garkoks kein Markt mehr vorhanden ist.
3. Bei Anfall von Staubkohle, für die keine oder nur eine beschränkte Verwendungsmöglichkeit vorliegt. Solche der Form nach minderwertige Kohle kann durch die Schwelung durch Schaffen eines festen Halbkoks veredelt werden, besonders wenn die in den vorstehenden Versuchsergebnissen erörterten Möglichkeiten der Mischung geeigneter Stoffe ausgenutzt werden (was mehr oder weniger für alle aufgeführten Fälle gilt). Hier ist auch an die Herstellung von Kokskohle zu erinnern, wo durch Trockenabsaugung des Staubes vor der Wäsche und Verschwelung ein gewisses Entlasten der Kohlenwäsche und ein Verbessern der Kokskohle selbst erzielt werden kann. Die im Kokereibetrieb stets anfallende sogenannte Koksasche kann in solchen Fällen besonders nutzbringend als Zusatz im Schwelbetrieb verwertet werden.
4. Wo es darauf ankommt, an Ort und Stelle ein Mittel zu schaffen, mit dem allein Kohlen verkokbar gemacht werden können, die in großer Menge vorhanden sind. Durch entsprechende Führung des Schwelvorganges ist es möglich, dem für Mischzwecke vorgesehenen Halbkoks soviel flüchtige Bestandteile zu belassen, als es die jeweils verwendete Kokskohle erfordert. Hier darf die Schwelung an sich sogar bis zu einem gewissen Grade unwirtschaftlich sein, da der so ermöglichte Kokereibetrieb in der Lage sein wird, den nötigen Ausgleich zu bieten.
5. Wo behördliche Vorschriften die Verwendung vorhandener Kohlen infolge starker Rauchentwicklung verbieten. Hier hat der Halbkoks nur mit einem aus anderen Bezirken zu beziehenden geeigneten Brennstoff im Preise standzuhalten.
6. In Hafenplätzen, wo bitumenreiche ausländische Kohle billig zu beziehen ist, so daß der Halbkoks als Hausbrand mit inländischen Kohlen erfolgreich in Wettbewerb treten kann.
7. Wo Kohlen vorliegen, die infolge ihres hohen Schwefelgehalts, wodurch die Roste und Dampfkessel beschädigt, die Ausmauerung von Eisenbahntunneln usw. angegriffen werden, für industrielle Zwecke unbrauchbar sind. Je nach der Verteilung des verbrennlichen und unverbrennlichen Schwefels in der Kohle kann durch vorherige Schwelung ein Herabsetzen des Schwefelgehalts erreicht werden, die ein Verfeuern des Halbkoks noch gerade ermöglicht. Diesbezügliche Versuchsergebnisse, die im Schrifttum bekannt geworden sind, widersprechen einander allerdings, so daß eine genaue Untersuchung der in Frage kommenden Kohle im Einzelfall am Platz ist.

Diese Gliederung, die bei dem heutigen Stande der Erkenntnis naturgemäß nicht erschöpfend sein kann, zeigt, wie weit verzweigt heute schon die Anwendungsmöglichkeit der Tieftemperaturverschwelung der Steinkohle ist. Jedoch sollte nicht außer Acht gelassen werden, daß es sich hier um eine verhältnismäßig noch junge Industrie handelt. Wenn man die jahrzehntelange Entwicklung bedenkt, die im Koksofenbau und in der Koksherstellung und -verwendung durchlaufen werden mußte, und die auch heute noch nicht abgeschlossen ist, wird man unter Betrachtung des heute bereits Erreichten annehmen dürfen, daß auch der Schwelung noch eine aussichtsreiche Zukunft wartet, besonders wenn ihr erst mehr Gelegenheit geboten wird, sich den verschiedenen erörterten Möglichkeiten anzupassen.

In diesem Zusammenhang sei nur auf die Bestrebungen hingewiesen, die Verhüttung des Eisens in fein verteiltem Zustand unter Anwendung eines Reduktionskohlenstoffes mit groß entwickelter Reaktionsoberfläche durchzuführen. Es sind bereits Versuche bekannt geworden, die den angedeuteten Weg einschlagen und anscheinend Erfolg versprechen.

Zweifellos sind die gegenwärtigen Wirtschaftsverhältnisse den im Vorstehenden erörterten Entwicklungsmöglichkeiten nicht günstig. Nachdem während der Inflationszeit alle nur irgend verfügbaren Mittel in sogenannten Sachwerten festgelegt waren, die meistens gegenwärtig nicht wirtschaftlich arbeiten und zu ihrem Betrieb erhebliche flüssige Beträge erfordern, ist eine gewisse Scheu gegen eine großzügige Einstellung, wie sie durch das Verfolgen der mit der Tieftemperaturbehandlung unserer Brennstoffe verknüpften Gedanken bedingt ist, wohl erklärlich. Da aber Wirtschaftlichkeit gleichbedeutend mit Wettbewerbfähigkeit ist und die in der Schwelung liegenden Möglichkeiten gerade hierin vielfach Verbesserung bringen können, so wäre es bedauerlich, wenn das für dieses Gebiet heute zweifellos vorliegende Interesse nur theoretisch, auf die Laboratorien beschränkt bleiben würde. Die Schwelung wird auch im Ausland fortlaufend lebhaft erörtert; von einer unbedingten Klärung der Meinungen kann man dort zwar auch noch nicht sprechen, was nach Vorstehendem wohl begreiflich ist. Jedoch ist kaum anzunehmen, daß im Auslande für Versuche die für deutsche Verhältnisse fast märchenhaften Summen aufgewendet worden wären, wenn nicht auch dort mit einem durchschlagenden Erfolge der Schwelung gerechnet würde.

Die weiter oben aufgeführten Versuche wurden unter der Leitung von Dr.-Ing. Fritz Müller, Karnap, durchgeführt, dem der Verfasser für seine wesentliche Mitarbeit bei dem kritischen Auswerten der Versuchsergebnisse zu besonderem Danke verpflichtet ist.

[B 283]

40000 PS-Freistrahlturbinen für Brasilien.

Die Sao Paulo-Bahn, Licht- und Kraftgesellschaft hat Mitte März des Jahres der Pelton Water Wheel Co. in San Franzisko zwei Freistrahlturbinen in Auftrag gegeben, die hinsichtlich ihrer Leistung und Größe Beachtung verdienen. Die beiden Turbinen werden von je einer 1700 m langen Rohrleitung von 1500 bis 1050 mm l. W. gespeist; ihre Volleistung beträgt je 40 000 PS bei rd. 680 m wirksamem Gefäll und 360 Uml./min; es handelt sich also um die bisher stärksten Freistrahlturbinen der Welt. Die aus Stromerzeuger und Turbine bestehenden Maschinensätze haben je nur zwei Wellenlager für die Dynamowelle; die beiden Turbinenlaufräder eines Maschinensatzes sitzen fliegend auf den Wellenenden dicht an den Lagern. Das Magnetrad und die Laufräder werden beim Zusammenbau des Maschinensatzes an Ort und Stelle auf die Welle gepreßt.

Die Laufräder von etwa 3,5 m Dmr. erhalten je 18 geschliffene Stahlgußbecher, die mittels kräftiger Bolzen kettenförmig miteinander verbunden und auf der Nabenscheibe befestigt werden. Das Laufradgewicht beträgt 15 t und das Gewicht eines Laufradbechers etwa 240 kg. Beide Räder werden durch einen wagerecht gerichteten Wasserstrahl von rd. 170 mm Dicke beaufschlagt. Das Gesamtgewicht der umlaufenden Teile beträgt rd. 150 t. Die insgesamt 9,5 m lange Nickelstahlwelle hat Lagerzapfen von 600 mm Dmr. Zur selbsttätigen Einstellung der beiden Wasserstrahlen auf die jeweilige Maschinenbelastung dienen für jeden Satz zwei mit Riemen von der Turbinenwelle aus angetriebene Regler, deren Arbeitszylinder unmittelbar auf den Einlaufkrümmern sitzen, so daß die Bewegung der Servomotorkolben ohne Zwischenschaltung von Regelwellen und Gestängen in einfachster Weise auf die Düsennadeln übertragen wird. Beide Regler werden von einem gemeinsamen Pumpensatz mit Drucköl beliefert.

Zum Vermeiden von Drucksteigerungen in der Zuleitung beim Entlasten der Maschine ist unterhalb jeder Düse eine gleichgroße Freilaufdüse angeordnet, die vom Regler entsprechend der jeweiligen Entlastung soweit geöffnet wird, daß der Druck in der Rohrleitung während des Regelns nicht wesentlich geändert wird. Eine gesteuerte Ölbremse mit Federbelastung läßt die Freilaufdüse sich jeweils langsam schließen, so daß nur kurze Zeit Wasser vergeudet wird. Auch die bei neueren großen Freistrahlturbinen mehrfach angewandte Bremse zum Abkürzen der Auslaufzeit ist hier angewandt, indem jedes Laufrad eine kleine Gegendüse mit Handregelung erhalten hat; der Bremsstrahl wird auf den Rücken der Laufradschaufeln gerichtet. Jede Turbine wird mit zwei durch Wasserdruck betätigten Absperrschiebern von 800 mm l. W. ausgerüstet. Die Vierwegventile dieser Schieber können von Hand oder vom Schaltbrett aus elektrisch gesteuert werden. Der vertragsmäßige Probedruck für alle unter Wasserdruck stehenden Turbinenteile, die aus Stahlguß hergestellt werden, beträgt 110 at.

San Franzisko. [N 474] G. A. Bühle.

Die praktische Lösung der Donauversinkungsfrage.

Von Regierungsbaumeister Christaller, Biberach a. Riss.

Die Lösung der Donauversinkungsfrage scheint heute der Verwirklichung näher zu rücken, nachdem sie in den letzten zehn Jahren etwas in den Hintergrund getreten und nur durch die Tageszeitungen der Allgemeinheit ab und zu wieder ins Gedächtnis gerufen war. Hier wird nicht in den Streit der Parteien eingegriffen, sondern die praktische Lösung der Versinkungsfrage untersucht.

Die Donauversinkung ist schon lange bekannt. Sie wird bereits 1709 von Bräuninger erwähnt, der auch die Vermutung ausspricht, daß die Aach zum größten Teil ihr Wasser von der Donau erhält. Aber erst in den letzten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts schenkte man der Versinkung ernsthafte Beachtung, als die Stadtmühle in Tuttlingen und die 1835/36 oberhalb Tuttlingens gebaute Fabrik Donaufeld längere Zeit im Jahr überhaupt kein Wasser mehr erhielten. Als man die Beseitigung der Versinkung erwog, entstanden jedoch Schwierigkeiten, hauptsächlich dadurch, daß die Versinkungsstellen beinahe ausnahmslos auf badischem Boden liegen, während die Geschädigten fast alle in Württemberg und Hohenzollern wohnen. Die Württemberger verlangten Verstopfung der Versinkungsstellen und eine geregelte Flußunterhaltung, damit ein weiteres Ausspülen unmöglich würde. Die Badener stellten sich auf den Standpunkt, daß die Versinkung von Donauwasser ein „natürlicher" Vorgang sei, der seit unvordenklichen Zeiten bestehe und an dem nichts geändert werden dürfe. Erschwert wurde die Lösung der Frage noch dadurch, daß die zahlreichen Triebwerke an der Aach zwischen Aachtopf und Bodensee beim Verstopfen der Versinkungsstellen durch Entziehen des Wassers empfindlich geschädigt worden wären.

Da veröffentlichte um die Jahrhundertwende Ing. Baader, Ulm, zum erstenmal eine praktische Lösung, bei der die Rechtsfrage bis zu einem gewissen Grad umgangen und dafür technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte in den Vordergrund gestellt wurden. Baader hat erkannt, daß sich das zwischen Immendingen und dem Aachtopf unterirdisch fließende Wasser zur Kraftgewinnung ausnützen läßt, Abb. 1, indem es oberirdisch in geeigneter Weise zum Aachtopf hinüber geleitet wird, wobei ein Nutzgefälle von 160 m erreicht werden kann. Die leitenden Gedanken seines damaligen Planes, die auch heute noch gelten, waren die folgenden:

1) Geeignete Verbauung der Versinkungsstellen, so daß nur bei höheren Wasserständen Wasser versinkt;
2) Vorbeiführung einer Mindestwassermenge an den Versinkungsstellen nach Württemberg;
3) Ausnützung eines Teils des versinkenden Wassers in mehreren Kraftstufen zwischen Immendingen und Aachtopf;
4) Entschädigung der Aachwerkbesitzer für einen etwaigen Ausfall an Wasser durch Lieferung von Stauwasser aus verschiedenen kleineren Becken.

Im Laufe der Jahre sind eine Reihe weiterer Pläne aufgestellt worden, die sich fast alle dieselben Grundgedanken zu eigen gemacht haben und sich nur in der Art der Durchführung der Aufgabe etwas unterscheiden. Ehe auf diese verschiedenen Pläne näher eingegangen wird, soll über die Donauversinkung selbst kurz einiges gesagt werden:

Die Donau liegt in ihrem Oberlauf verhältnismäßig hoch gegenüber den Nebenflüssen des Rheines, die sich nördlich, westlich und südlich vom Donaugebiet tiefe Täler gebildet haben. Infolgedessen wird dem Zulaufgebiet der Donau ein Quadratkilometer nach dem andern im Laufe von Jahrtausenden weggerissen, und die Wutach, Gauchach und Eschach, die ehedem der Donau zuflossen, haben sich ihr Einzuggebiet auf Kosten der Donau geschaffen. Aber nicht nur beim Oberflächen-Einzuggebiet zieht die Donau überall den kürzeren, sondern noch viel mehr beim unterirdischen. Ihre Unterhöhlung ist nach Ansicht der Geologen schon soweit vorgeschritten, daß über 100 km² des nördlich und südlich der Donau liegenden Gebiets zwischen Geisingen, Immendingen, Tuttlingen und Fridingen unterirdisch nach dem Aachtopf und damit nach dem Rhein hin entwässern. Die Ursache für diese Naturmerkwürdigkeit liegt in dem Höhlen- und Spaltenreichtum der Weißjuraschichten und in der Neigung dieser Schichten in südöstlicher und südlicher Richtung. Überall da, wo das Donaubett solch klüftige Schichten angeschnitten hat, verschwindet ein Teil des Donauwassers in die Tiefe und zieht unterirdisch nach dem tief liegenden Hegau hin, wo es fast restlos im Aachtopf bei Engen wieder zum Vorschein kommt. Die bedeutendsten Versinkungsstellen liegen bei der Eisenbahnbrücke von Immendingen, wo das Wasser gurgelnd in den Betakalken verschwindet; ferner im Brühl und an den Hattinger Weglöchern zwischen Immendingen und Möhringen und endlich in den Delta- und Epsilon-Schichten bei Fridingen.

Sehr wichtig für die Beurteilung der Rechtsfrage ist es, zu wissen, ob die Versinkung zunimmt oder nicht. Nach Ansicht von Dr. Wilser, Freiburg[1]), besteht keinerlei Grund, noch weniger ein Beweis, für eine Zunahme der Versinkung. Die von Prof. Endriß berechnete jährliche Auswaschung von 3000 m³ Kalksteinen vergrößere den Hohlraum in so unbedeutendem Maße, daß selbst in Jahrtausenden keine nennenswerte Vergrößerung der Versinkungsmengen daraus zu erwarten sei. Dieser Ansicht stehen aber eine Reihe von nicht zu leugnenden Tatsachen entgegen, so daß eine im Juli vorigen Jahres in der Gegend weilende Kommission von Mitgliedern der badischen, preußischen und württembergischen Behörden sich in einem Gutachten dahin aussprach, daß eine Zunahme der Versinkung angenommen werden müsse. So ist die gegenwärtig bedeutendste Versinkungsstelle bei der Immendinger Eisenbahnbrücke, die im Stau des Immendinger Wehrs liegt, erst seit 1874 bekannt. Außerdem ist es in den letzten Jahren wiederholt vorgekommen, daß die ganze

[1]) Dr. Wilser, Die natürlichen Bedingungen der Donauversinkung und deren wirtschaftliche Nutzung, Freiburg 1924.

Abb. 1. Übersichtskarte zur Donauversinkung.

Donau schon oberhalb des Immendinger Wehrs versunken war und deshalb die Maschinenfabrik Immendingen wiederholt ganz stillstand, während sonst die Donau erst bei Brühl vollständig versank.

Die Rechtsfrage wird damit in ein etwas anderes Licht gerückt. Es ist zwar der Ansicht beizupflichten, daß der Donauversinkung ein natürlicher Vorgang zugrunde liegt und dementsprechend sich die Donauunterlieger mit dieser Tatsache abfinden müssen. Dagegen muß mit allem Nachdruck darauf hingewiesen werden, daß die badische Regierung durch die Verbote einer geordneten Flußpflege die Versinkung gefördert hat, so daß heute die Donauanlieger ganz erheblich durch Wasserausfall geschädigt werden. Bis hinab in die Gegend von Ulm gilt die Donau als besonders ungünstiger Fluß zur Wasserkraftnutzung, da sie im Hinblick auf ihr Einzuggebiet sehr weitgehende Niedrigwasser hat. Die Aussicht, daß dieser Zustand infolge Zunahme der Versinkung noch schlechter wird, hebt nicht gerade den Unternehmungsgeist zum Ausbau der noch brach liegenden Wasserkräfte.

Der Nachweis einer Zunahme der Versinkung schmälert jedenfalls die Rechtsansprüche der Aachwerkbesitzer auf das ihnen zufließende Donauwasser, wenn es überhaupt möglich ist, einen Rechtsanspruch in bestimmter Form und für eine bestimmte Menge zu erheben, da die Versinkungsmengen in den verschiedenen Zeiträumen mangels Messung nicht einwandfrei festgestellt sind. Berücksichtigt man fernerhin, daß die württembergischen und bayrischen Beteiligten eine Schließung der Versinkungsstellen und damit den Verzicht der Aachunterlieger auf eine sehr erhebliche Wassermenge verlangen, so ist ohne weiteres zu verstehen, daß eine Lösung der Rechtsfrage auf gütlichem Weg unmöglich ist.

Eine praktische Lösung kann dagegen meines Erachtens darin bestehen, daß sich die Beteiligten in irgend einer Form zusammenschließen und die Frage der Wasserverteilung und Kraftgewinnung eingehend untersuchen, um die beste der verschiedenen Lösungen festzustellen. Zeigt sich diese Lösung als wirtschaftlich durchführbar und gelingt ihre Finanzierung, so liegt die Befriedigung der durch die Donauversinkung Geschädigten bei einigermaßen gutem Willen im Bereich der Möglichkeit.

Um die Durchführbarkeit einer praktischen Lösung zu untersuchen, sollen die wichtigsten der hierfür aufgestellten Pläne kurz erläutert werden, Abb. 2 bis 4:

Der älteste Plan stammt von Ingenieur Baader in Ulm. Er sieht im Anschluß an das Immendinger Wehr einen Kanal von etwa 1,5 km Länge bis zum Brühl vor, sodann einen 3 km langen Stollen bis in die Gegend von Mauenheim, wo in einem Vorwerk 10 m Gefälle ausgenutzt werden. Ein gedeckter Kanal führt sodann über den Höhenzug südöstlich Mauenheim hinweg zum Hauptkraftwerk mit 100 m Nutzgefäll, an der Bahnlinie zwischen Engen und Thalmühle. Sodann folgt eine kurze Stollenstrecke und ein langer Kanal in beinahe ebenem Gelände bis zum Kraftwerk im „Staigle" mit 30 m Nutzgefälle, von dem aus wiederum ein Kanal bis zum Kraftwerk Aach oberhalb des Aachtopfes mit 20 m Gefälle führt. An drei Stellen, nämlich beim Vorwerk, unmittelbar unterhalb des Hauptwerkes und oberhalb des Werkes am Aachtopf, sind Speichermöglichkeiten vorhanden, die einen ziemlich weitgehenden Tagesausgleich gestatten. Das Rohgefälle zwischen Immendinger Wehr (655,3 m ü. M.) und Aachtopf (482,9 m ü. M.) beträgt 172 m, wovon 160 bis 165 m ausgenutzt werden können. Als Ausbauwassermenge ist entsprechend der mit der Zeit größer gewordenen Versinkungsmenge jetzt 6 m³/s angenommen, mit der sich rund 10 000 PS und bei voller Ausnutzung rund 58 Millionen kWh im Jahre erzeugen lassen. Baader sieht außerdem vor, daß die Versinkungsstellen am Immendinger Wehr und im Brühl in geeigneter Weise verbaut und nur noch dem Vollwasser der Donau zugänglich gemacht werden, und daß vom Immendinger Wehr ab ständig eine gewisse Mindestwassermenge in besonderen Gerinnen an den Versinkungsstellen vorbeigeleitet wird. Diese soll mindestens 250 l/s betragen und bei einer Donauwasserführung von 8 m³/s bis zu 2 m³/s gesteigert werden, während die übrigen 6 m³/s in den Kraftwerken ausgenutzt werden und vom Aachtopf ab den Aachwerkbesitzern zufließen. Bei noch größerer Wasserführung sollen die Versinkungsstellen teilweise wieder in Tätigkeit treten. Dadurch erwachsen aber weder den Donau- noch den Aachunterliegern Nachteile, da in diesen Zeiten die Donauwasserführung größer ist als die Ausbauwassermenge der Werke. Für das nach Württemberg übergeleitete Wasser, das seither teilweise versunken ist, kann den Aachwerkbesitzern, falls ein Rechtsanspruch hierauf anerkannt wird, durch geeignete Bewirtschaftung der Speicherbecken ein Ausgleich geboten werden.

In den darauffolgenden Jahren wurden weitere Pläne ausgearbeitet, so vor allem von Prof. Dr. Endriß, Stuttgart, der sich seit langen Jahren in Wort und Schrift um die Donauversinkungsfrage verdient gemacht hat, ferner das sogenannte „Konstanzer Stollenprojekt", eine Abänderung hiervon von Oberbaurat Gugenhan und endlich eine Plan von R. Gelpke, der einen Schiffahrtkanal von Tuttlingen über Engen zum Bodensee vorsah. Ein Eingehen auf diese Pläne würde in diesem Rahmen zu weit führen.

a) Entwurf Baader.

Erläuterung
K = Kanal, D = Dükerrohrleitung
St = Stollen, Sp = Speicherbecken
R = Rohrleitung, Do = Donau.

b) Entwurf Ludin-Wilser.

c) Entwurf Weber.

Abb. 2 bis 4. Längsprofile der Entwürfe für das Donau-Aach-Kraftwerk.

Im Jahr 1920 wurde ein weiterer Plan von Berg-Ing. Weber, Gießen, bekannt, in dem eine Jahresspeichermöglichkeit vorgesehen ist. Alles über 10 m³/s betragende Donauwasser soll in das Köthachtal nordwestlich von Geisingen aufgepumpt werden, wo durch Staudämme ein Nutzinhalt von 34 Millionen m³ gewonnen werden kann. Das Versinkungswasser zwischen Donau und Aach wird in drei Stufen ausgenutzt:

1. Von einem Wehr bei Hausen an der Donau. Einige Kilometer oberhalb der Versinkungsstelle führt ein 5,7 km langer Stollen unter dem Neuhöwen hindurch und ein langer, an steilen Hängen hinziehender Werkkanal westlich des Hohenhöwen zum ersten Kraftwerk an der Landstraße Welschingen—Thaingen mit 170 m Nutzgefäll und 18 000 PS Ausbauleistung.

2. Es folgt wiederum ein Hangkanal entlang dem Mägdeberg bis zum Nordhang des Hohenkrähen, wo das Kraftwerk II mit 50 m Gefäll und 5500 PS Ausbauleistung errichtet werden soll.

3. Der Unterwasserkanal mündet in die Aach bei Hausen an der Ach mit einer kleinen Nebenstufe von 500 PS.

Der neueste Entwurf stammt von der Ludin-A.-G., Karlsruhe, die ihn gemeinsam mit dem Geologen Dr. Wilser vor etwa zwei Jahren ausgearbeitet hat[1]). Teilweise in Anlehnung an frühere Entwürfe und unter Benutzung des Baaderschen Grundgedankens sieht dieser Entwurf ein neues Wehr oberhalb des bestehenden Immendinger Wehres vor. Von diesem werden im offenen Gerinne bis zu 15 m³/s an den Versinkungsstellen vorbei und bis zum Einödtal zwischen Immendingen und Möhringen geführt, wo ein Teil des Wassers ähnlich wie bei Baader in das alte Donaubett und den württembergischen Unterliegern zugeleitet werden soll. Der größere Teil, nämlich bis zu 8½ m³/s wird durch einen rund 6 km langen Stollen, der durch eine kurze Rohrstrecke unterbrochen ist, bis in die Gegend der Haltestelle Thalmühle geführt. Dort wird das Kriegertal mit einem eisernen Rohrdüker von 75 m Sprunghöhe durchquert. Anschließend folgt ein 3,5 km langer Kanal über die Hochfläche von Bittelbronn, weiter eine Durchquerung des Wasserburger Tales mit einem eisernen Düker von 110 m Sprunghöhe und etwa 1,5 km Länge und auf der Hochfläche nördlich der Ortschaft Aach ein Speicherbecken mit etwa 400 000 m³ Nutzinhalt. Von dort aus führt eine annähernd 2 km lange Druckrohrleitung zu dem am Aachtopf gelegenen Krafthaus. Die Stollen und Rohrleitungen sind bis zum Speicherbecken für 8,5 m³/s, von dort zum Kraftwerk für 17 m³/s zu bemessen. In diesem sollen bei etwa 160 m Nutzgefälle rund 27 000 PS Höchstleistung und bei voller Ausnutzung etwa 65 Millionen kWh jährlich erreicht werden.

Nun zu einer Äußerung über die verschiedenen Entwürfe. Zunächst sei bemerkt, daß das „Konstanzer Stollenprojekt" und der Entwurf Gugenhan aus der Betrachtung ausscheiden können, da diese im Entwurf Ludin teilweise wiederkehren und weiter ausgebildet sind. Ebenso kann in diesem Zusammenhang der Vorschlag Endriß unberücksichtigt bleiben, da er keine Kraftnutzung in größerem Maßstabe vorsieht, und schließlich auch der Vorschlag Gelpke, der bei den heutigen wirtschaftlichen Verhältnissen wohl unausführbar ist.

Über die drei übrigen Entwürfe von Baader, Ludin und Weber wurde schon viel geschrieben, sie sollen deshalb kurz betrachtet werden: Gegen den Baaderschen Entwurf wird eingewendet, daß die mehrstufige Anlage unwirtschaftlich sei und betriebstechnisch den andern Entwürfen nicht gleichstehe, ferner daß er die geringste Leistung aufweise. Dazu muß vor allem gesagt werden, daß keiner der Entwürfe so kurze Stollenstrecken aufweist und keiner so günstige Trassen für offene Kanäle hat wie der Baadersche, und daß deshalb in den Kosten der Wasserzuleitung eine große Überlegenheit gegenüber den anderen Entwürfen vorhanden ist. Zu untersuchen wäre, ob nicht teilweise eine Zusammenziehung der Kraftstufen möglich ist. Dies ist meines Erachtens mit geringfügigen Änderungen durchführbar, ohne daß an den Grundgedanken des Entwurfes etwas geändert werden muß. Die Vorstufe bei Mauenheim mit 10 m Gefälle verursacht verhältnismäßig hohe Kosten und könnte ohne Schwierigkeit mit dem Hauptwerk vereinigt werden, das dann 110 m Gefäll erhält. Gleichzeitig ergibt sich damit zwanglos eine Vergrößerung des Speicherbeckens. Eine Zusammenlegung des Werks im „Staigle" mit dem Werk am Aachtopf scheint schwieriger, ist aber letzten Endes eine Wirtschaftlichkeitsfrage, die noch geprüft werden müßte. Ebenso wäre die früher von Baader in Betracht gezogene zweistufige Linie Zimmern—Mauenheim—Talmühle—Hangenest—Wasserburger Tal Aachtopf näher zu prüfen. Da das Donau-Aach-Werk eine verhältnismäßig sehr gleichmäßige Wasserführung bekommt und sich sowohl Speicher- als Gegenbecken anlegen lassen, wird sich ein etwas größerer Ausbau der Werke, insbesondere des Hauptwerkes, empfehlen. Dadurch würde sich die Ausbauleistung von 10 000 PS ohne große Mehrkosten auf etwa 18 000 PS erhöhen lassen.

Bedenken werden gegen den 3 km langen Stollen zwischen Brühl und Mauenheim geltend gemacht, da er in einer tektonisch stark gestörten Zone verlaufen soll und deshalb mit unterirdischen Hohlräumen und Schutteinbrüchen gerechnet werden müsse. Diese Bedenken scheinen zwar nicht ganz ungerechtfertigt, doch sprechen sie keinesfalls gegen die technische Durchführbarkeit. Es wurden derartige Stollen schon mancherorts angelegt, ohne daß sich im späteren Betriebe Schwierigkeiten ergeben hätten. Man wird gut tun, bei allen drei Entwürfen in den Kostenanschlag für die Stollen einen Posten für Unvorhergesehenes einzusetzen, da bei allen drei Entwürfen die Stollen im weißen Jura verlaufen, in dem nach Ansicht der Geologen stets mit Überraschungen gerechnet werden muß. Die nicht sehr günstige Lage der Speicherbecken hat auch schon Anlaß zu Bedenken gegeben, da diese in Trockentälern liegen. Hier ist eine sorgfältige künstliche Dichtung erforderlich, deren Kosten sich aber durch den dabei erzielten Nutzen bei weitem bezahlt machen.

Der Webersche Entwurf ist zweifellos der weitest ausgreifende, was Speicherraum und Kraftleistung betrifft. Aber es ist zu befürchten, daß er gerade infolge dieser Eigenschaften unüberwindliche Schwierigkeiten bietet. Nicht nur müssen dem Speicherbecken etwa 750 Morgen zum Teil guten Kulturlandes zum Opfer fallen, sondern es sind auch gewaltige Aufwendungen für die Herstellung der Staudämme zu machen. Die Dichtung des Beckens wird keine Schwierigkeit machen. Der Hauptstollen führt durch stark gestörte Gebiete. Er muß auf seine ganze Länge von 5,7 km in einem Zug ohne Zwischenangriffspunkte durchgeführt werden. Die langen Hangkanalstrecken führen zum großen Teil an Hängen mit diluvialem Lehm entlang, bei denen Rutschungen an der Tagesordnung sind. Endlich ist zu erwähnen, daß eine größere Anzahl von Triebwerken an der Aach, darunter die größten, abgelöst werden müßten.

Der Entwurf Ludin-Wilser hat den in die Augen fallenden Vorteil einer einzigen Ausnutzungsstufe. Es ist jedoch aus der Beschreibung des Entwurfes nicht zu entnehmen, wie der Verfasser sich die Rückgabe des Wassers in die Aach vorstellt. Der Betrieb ist allem Anschein nach so gedacht, daß während der Nachtzeit im allgemeinen überhaupt kein Wasser in die Aach fließt, dafür aber in der Tageszeit während 8 bis 12 h eine Menge bis zu 17 m³/s.

Ob sich die Aachwerkbesitzer mit einer derartigen ungleichen Wasserverteilung einverstanden erklären werden, ist mehr als fraglich. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß, wenn der Zufluß aus dem Donau-Aach-Werk etwa morgens um 8 Uhr einsetzt, die Triebwerkbesitzer in Singen dieses Wasser erst einige Stunden später erhalten und also bis gegen Mittag ohne Wasser sind. Ähnliches ist bei dem Baaderschen Entwurf nicht zu befürchten, da dort mittels des untersten Gegenbeckens der Wasserabfluß in einer für die Aachwerkbesitzer günstigen Weise geregelt werden kann. Nicht zu vergessen ist sodann, daß der Aachtopf aus seinem unterirdischen, etwa 300 km² großen Einzuggebiet auch späterhin noch einen Zufluß erhält, der zwar bei Nieder- und Mittelwasser nur zwischen 1 und 4 m³/s schwankt, aber in Zeiten guter Wasserführung,

[1]) s. „Die Wasserkraft" Bd. 19 (1924) S. 200 und „Deutsche Wasserwirtschaft" Bd. 19 (1924) S. 221.

wenn die Versinkungsstellen an der Donau wieder in Tätigkeit treten, bis zu 15 m³/s betragen kann. Es werden also in den Tagesstunden an etwa 100 Tagen im Jahr neben 17 m³/s Werkwasser noch bis zu 15 m³/s Aachwasser, zusammen also bis zu 32 m³/s im Aachbett abfließen. Dies ist jedoch unmöglich, da schon bei der heutigen Wasserführung der Aach ständig über Versumpfung von Wiesen dem Aachlauf entlang geklagt wird. Es müßte untersucht werden, ob sich oberhalb des Aachtopfes ein Gegenbecken zum Wasserausgleich anbringen läßt. Doch ist es sehr fraglich, ob hierfür ein ausreichender Nutzinhalt geschaffen werden kann. Außerdem würde dadurch ein zweites Nebenwerk zur Ausnutzung des Restgefälles zwischen Gegenbecken und Aachtopf erforderlich, und damit wäre einer der Hauptgesichtspunkte des Ludinschen Entwurfes, nämlich die Einstufigkeit, über den Haufen geworfen.

Die Stollen liegen bei Ludin voraussichtlich in etwas günstigerem Gebiet als bei Baader, sind dafür aber annähernd doppelt so lang. Die Dükerrohrleitungen durch das Krieger- und Wasserburger Tal sowie die Druckrohrleitung haben eine Gesamtlänge von über 4 km, verursachen deshalb sehr hohe Kosten und verlangen sorgfältige Ausführung und Wartung. Das nördlich des Aachtopfes vorgesehene Speicherbecken liegt auf durchlässigem Kalkboden und muß wie die Baaderschen Becken sorgfältig künstlich gedichtet werden. Falls das Becken sich in der vorgesehenen Größe durchführen läßt, bietet es eine volle Tagesspeichermöglichkeit, nützt aber, wie oben ausgeführt, nichts, wenn nicht auch ein entsprechend großes Gegenbecken vorhanden ist. Auch die hohe Ausbauleistung von 27 000 PS läßt sich nur in diesem Falle rechtfertigen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß jeder der Entwürfe gewisse Schwierigkeiten bei der Durchführung bietet, daß aber der Baadersche Entwurf die geringsten Kosten verursacht und am meisten die bestehenden Verhältnisse, insbesondere den Vorteil der Aach- und Donauanlieger berücksichtigt. Er hat deshalb wohl die beste Aussicht auf Verwirklichung. Nicht unerwähnt sollen hier die von Dr.-Ing. Maier, Karlsruhe, gemachten Vorschläge bleiben, bei denen durch Anlage von größeren Speicherbecken im oberen Donaulauf sowie im Flußgebiet der Brigach und der Breg die Wasserführung der Donau gleichmäßiger gemacht werden soll. Anfänge hierzu sind durch zwei Talsperren bei Bräunlingen und an der Linach bei Vöhringen schon gemacht. Dadurch wird zweifellos die Überleitung einer Mindestmenge über die Versinkstellen hinweg nach Württemberg erleichtert.

Der praktische Weg, um einen Schritt vorwärts zu kommen, wurde schon angedeutet. Gelingt es, die Beteiligten zur Ausnutzung der Donau-Aach-Stufe zusammenzuschließen, so kann der Tag vorausgesagt werden, an dem die Donau nach genauer Übereinkunft geteilt dem Schwarzen Meer und dem Bodensee zufließt. Wie man gehört hat, ist die badische Regierung geneigt, die Donau-Aach-Stufe an Württemberg zur Ausnutzung zu überlassen. Dadurch wäre die Verwirklichung der Lösung praktisch viel näher gerückt; denn gerade in Württemberg dürfte in erster Linie die Möglichkeit des Kraftabsatzes aus dieser Stufe bestehen. Da es sich fast ausschließlich um Tagesstrom handelt, so steht dieser nicht in Wettbewerb zu den Oberrheinkräften, sondern ist deren wertvolle Ergänzung. Damit dürften auch die großen Städte Südbadens unter Umständen als Abnehmer in Betracht kommen. Außerdem würde ein Zusammenschluß mit einem größeren Überlandwerk der ganzen Versorgung die nötige Sicherheit und Gleichmäßigkeit verleihen. [B 218]

25 Jahre Maschinenüberwachung im Ruhrbezirk.

Am 8. Juni d. J. beging der Dampfkessel-Überwachungs-Verein der Zechen im Oberbergamtsbezirk Dortmund zu Essen die Feier seines 25jährigen Bestehens; bei dieser Gelegenheit schilderte Dir. Schulte in seinem Bericht über die Tätigkeit des Vereins den Stand des Maschinenwesens im Bergbau um das Jahr 1900, wo noch der Großwasserraumkessel mit Planrost und Handbeschickung ohne Überhitzer und ohne Vorwärmer das Feld beherrschte, wo für den Antrieb der Fördermaschinen und Wasserhaltungen ausschließlich Dampfmaschinen in Betrieb waren und wo der elektrische und Druckluftantrieb sowie die maschinelle Förderung unter Tage noch in den ersten Anfängen steckten.

Im Dampfkesselwesen brachten die verflossenen 25 Jahre den Übergang vom Großwasserraum- zum Wasserrohrkessel und mit diesem den Übergang zu höheren Spannungen und größeren Kesselheizflächen. Als Grenze der Entwicklung zu höheren Spannungen kann man im Jahre 1925 etwa 20 at annehmen, doch sind mehrere Kesselanlagen mit mehr als 20 at im Bau. In der Kesselgröße bevorzugt man immer noch 300 m² wegen der Schwierigkeit, Wanderroste von mehr als 10 m² zu bauen. Mit der Erhöhung der Spannung und der Kesselgrößen steigt auch die Bedeutung der Überwachungstätigkeit, worin die Ingenieure des Vereins im innern Dienstbetriebe, sowie durch Kurse, Besichtigungen und Vorträge besonders sorgfältig ausgebildet werden.

Bei den Feuerungen vollzog sich die Entwicklung vom gewöhnlichen Planrost mit Handbeschickung zum neuzeitlichen Wanderrost, der auch für die Verfeuerung minderwertiger Abfälle der Kohlenaufbereitung durchgebildet wurde. Zahlreiche Verdampf- und Feuerungsversuche haben die Kenntnis der Eigenschaften der Brennstoffe, ihres Verhaltens im Feuer und der zweckmäßigen Ausgestaltung der Feuerungen und Dampfkessel bereichert. Ein besonderes Verdienst erwarb sich der Verein mit der Weiterentwicklung der Kohlenstaubfeuerungen, die 1920 zum erstenmal untersucht wurden. Am 1. April 1925 waren von 60 deutschen Dampfkesselanlagen mit Kohlenstaubfeuerung allein 40 auf den Zechen des Oberbergamtsbezirks Dortmund im Betrieb; die ältesten haben bereits 12 000 Betriebstunden hinter sich und weit über 100 Kohlenstaubfeuerungen sind hier noch in Bau.

Auch die Entwicklung der Gasfeuerung hat der Verein von Anfang an beachtet und tatkräftig unterstützt. Zahlreiche vergleichende Versuche, insbesondre in der letzten Zeit solche mit Gasbrennern neuester Bauart, haben hier fördernd gewirkt.

Die erste Dampfturbine wurde 1902 auf der Zeche Dahlbusch aufgestellt. Dieser Zeitpunkt fällt zusammen mit der Industrieausstellung in Düsseldorf, die für die Entwicklung der elektrischen Kraftübertragung von außerordentlicher Bedeutung war. Die Dampfturbine konnte in diesem Jahr ihren Siegeszug auf den Bergwerken beginnen und im Laufe der Zeit die Dampfmaschine fast vollständig verdrängen. Zahlreiche Turbinenversuche zeugen von dem regen Anteil, den der Verein an der Entwicklung der Turbine genommen hat.

Die Druckluftwirtschaft hat sich in den letzten 25 Jahren von kleinen Anfängen bis zu so großem Umfang entwickelt, daß sie heute den größten Teil an der Krafterzeugung der Zechen hat. Gegenüber Kompressoren von 3000 bis 4000 m³/h Ansaugeleistung bei 5 at Überdruck sind heute auf den Zechen des Bezirks Turbokompressoren mit 30 000 m³/h Ansaugeleistung und 7 bis 8 at Betriebsdruck vorhanden.

Bei den Fördermaschinen überwiegt noch der Dampfantrieb, doch hat man die Wirtschaftlichkeit, die früher gegenüber der Sicherheit in den Hintergrund trat, im Laufe der Jahre bedeutend gesteigert. Das ist zum Teil dem Wettbewerb mit der elektrischen Fördermaschine zu verdanken, auf die heute ungefähr 12 vH der Gesamtzahl der Fördermaschinen entfallen. Bei den Ventilatoren hat sich die Antriebsart durch Fortfall der Seile vereinfacht, indem man den Ventilator entweder unmittelbar mit der Dampfmaschine oder unter Einschaltung eines Zahnradvorgeleges mit dem Elektromotor oder der Dampfturbine kuppelt. Bei den Wasserhaltungen brachte das Jahr 1904 die Einführung der elektrisch angetriebenen Kreiselpumpe, die, obgleich wirtschaftlich schlechter, wegen andrer großer Vorzüge bisher das Feld behauptet. In der Streckenförderung ist man vom Pferdebetrieb zur Lokomotive übergegangen, wovon etwa 2000 als Benzol-, elektrische, oder Druckluftlokomotiven die Untertageförderung aufrecht erhalten. Umfangreiche, vergleichende Versuche des Vereins mit Fördermaschinen, Wasserhaltungen und Grubenlokomotiven, die sich über viele Jahre erstrecken, lieferten sichere technisch-wissenschaftliche und wirtschaftliche Unterlagen über diese Betriebsmaschinen.

Die Gefahren des Benzollokomotivbetriebes führten 1919 dazu, die Überwachung der Benzollokomotiven durch den Verein einzuführen, wofür mangels Unterlagen die Vorschriften im Verein mit dem Oberbergamt, den Herstellern und den Zechen erst geschaffen werden mußten. Auch für die Übernahme der Überwachung der Druckluftlokomotiven durch den Verein sind die Vorarbeiten im wesentlichen beendet. [N 647]

RUNDSCHAU.

Wasserstraßen und Häfen.

Tagung der Hafenbautechnischen Gesellschaft in Breslau 1925.

Seit sieben Jahren bietet die Hafenbautechnische Gesellschaft ihren Mitgliedern alljährlich Gelegenheit, Hafenbaufragen zu erörtern und bei dieser Gelegenheit Ausschnitte aus dem deutschen Wirtschaftsleben durch hervorragende Sachverständige und aus eigener Anschauung kennen zu lernen.

Die früheren Tagungen fanden in Hamburg, Mannheim, Stettin, Regensburg und Königsberg statt, die letzte in Breslau, wo hauptsächlich die technischen und wirtschaftlichen Bedingungen der Schiffahrt auf der oberen und mittleren Oder und die Bedeutung der Oderwasserstraße für die deutsche Wirtschaft erörtert wurden.

Strombaudirektor Fabian, Breslau, sprach über „Die obere und mittlere Oder als Wasserstraße". An der Hand von Plänen und zeichnerischen Darstellungen erläuterte er die Lage der Oder und ihre Wasserführung im Vergleich mit andern deutschen Flüssen. Heute treten die Niedrigwasser der Oder auf der Strecke von Breslau bis zur Warthemündung von Jahr zu Jahr stärker auf, so daß zu befürchten ist, daß sich die Oder zu einem Steppenfluß entwickelt. Als Ursache wird im wesentlichen die Zurückhaltung des Wassers in der 150 km langen kanalisierten Strecke oberhalb von Breslau bis Kosel angesehen. Hierzu kommt, daß die Pflanzenwelt der Oderniederung dem Strome bei anhaltender Trockenheit erhebliche Wassermengen entzieht.

An den Staustufen sind in neuerer Zeit Schleppzugschleusen gebaut worden, wodurch eine große Leistungsfähigkeit erreicht und das Durchschleusen von Schiffen großer Länge ermöglicht worden ist. Leider sind die Schleusen von 9,50 m l. W. für 1000 t-Schiffe etwas zu schmal, und es ist deshalb die Tragfähigkeit der Oderschiffe über 780 t nicht hinausgekommen. Gleiche Verhältnisse auf der Strecke unterhalb von Breslau durch Kanalisierung zu schaffen, würde im Bau und Betrieb große Kosten verursachen und verbietet sich auch mit Rücksicht auf die Landeskultur. Es ist daher die Verbesserung der Wasserführung bei niedrigstem Wasser durch Zuschußwasser aus einem Staubecken in Aussicht genommen, und zwar ist von 150 untersuchten Möglichkeiten ein Staubecken bei Ottmachau von 135 Mill. m^3 Stauraum vorgesehen. Hiervon sind 45 Mill. m^3 als Hochwasserschutzraum und 90 Mill. m^3 als Stauraum für Zuschußwasser gedacht. Damit soll während eines Zeitraumes von 50 Tagen die Niedrigwassermenge bei Breslau von 20 m^3/s auf 40 m^3/s gebracht und damit 1,40 m Flußtiefe erreicht werden.

Ebenso wichtig wie das Staubecken bei Ottmachau ist der Ausbau des Klodnitzkanals, der heute wegen zu geringer Abmessungen im Wettbewerb mit der Eisenbahn unterliegt. Man will den Kanal so ausbauen und erweitern, daß er die oberschlesischen Werke unmittelbar mit der Oder verbindet. Voraussetzung hierfür ist, daß die Oder unterhalb Breslaus vertieft wird. Der heutige Umschlag in Kosel bringt für das Industriegebiet außerordentlich hohe Anschlußfrachten mit sich, die bis zur Hälfte der Schiffsfracht bis Berlin betragen. Mit Rücksicht auf das durch Krieg und Nachkriegszeit so schwer geschädigte oberschlesische Gebiet ist zu wünschen, daß die heute noch bestehenden Schwierigkeiten durch Sandentnahme aus dem Kanal für den Bergwerkbedarf bald überwunden werden können.

Die Notwendigkeit des Ottmachauer Staubeckens im besonderen begründete Reichsminister a. D. Dr.-Ing. Gothein.

Da das obere Odergebiet keine Seen hat, die als natürliche Ausgleichbecken wirken könnten, verlaufen die Hochwasserwellen rasch, und die niedrigen Wasserstände dauern lange an. Mit den Schiffahrtsperren aus diesem Grunde wechseln oft Hochwassersperren ab, da die Quellzuflüsse, die obere Oder und die Glazer Neiße, gefährliche Hochwasser heranführen. Die unter diesen Umständen im Zeitraum von 1889 bis 1911 erreichte mittlere Ausnutzung des Laderaumes von Oderkähnen geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor:

Hundertteile d. jährl. Schiffahrtsdauer	Ausnutzung des Laderaumes
34	1/1
21,5	3/4
23	1/2
17	1/4
4,5	0

Hiernach kann ein 500 t-Kahn bei einer durchschnittlichen Schiffahrtzeit von 270 Tagen im Jahr günstigenfalls zwei Reisen mit 450 t Nutzlast bei 1,5 m Tiefgang, eine Reise mit 320 t bei 1,18 m Tiefgang und eine mit 240 t, im ganzen also mit 1460 t machen.

Zu beachten ist jedoch, daß sich durch die Kanalisierung zwischen Breslau und Kosel und die mangelhafte Unterhaltung in und nach dem Kriege die Fahrtiefe unterhalb Breslaus verschlechtert hat. Bei fallendem Wasserstand müssen die Kähne geleichtert werden, zuweilen sogar wiederholt, was viel Zeit und Geld kostet, oder sie müssen auf eine neue Welle warten, die bei zu langem Ausbleiben durch Niederlegen der Wehre künstlich erzeugt wird.

Durch das Ottmachauer Staubecken soll ein zuverlässiger Mindesttiefgang von 1,40 m außer in seltenen Trockenjahren dauernd gesichert werden, so daß nur in 2 vH der jährlichen Schiffahrtzeit eine geringere Ausnutzung als mit ¾ der Ladung in Betracht käme und die dem jeweiligen Wasserstand entsprechend beladenen Kähne ohne Leichtern ihr Ziel erreichen könnten.

Bei einer Reisedauer von 42 Tagen würden sich statt vier Reisen im Jahre wenigstens fünf ergeben, und zwar eine bei 1,65 m Tiefgang mit 510 t Nutzlast, 2 bei 1,50 m mit je 450 t und zwei bei 1,20 mit 330 t, also mit im ganzen 2070 t Nutzlast, gegen bisher rd. 1460. Die Frachtkosten würden sich, vorsichtig gerechnet, z. B. zwischen Kosel bis Berlin von 6,60 auf 5,40 ℳ/t, also um 17,4 vH, zwischen Kosel und Stettin von 6,10 ℳ/t auf 4,95 ℳ/t, also um 19 vH vermindern.

Die Wirkung der daraus zu erwartenden erheblichen Steigerung des Verkehrs auf der Oder würde sich in der Verdrängung der englischen Kohle aus Berlin und weit darüber hinaus und in einer starken Belebung des Bergverkehrs mit überseeischen Erzen und Phosphaten, Mineralölen, Kolonialwaren, Zement u. a. m. sowie des Talverkehrs mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen, Zement u. a., zeigen.

Die Kosten des Staubeckens sollen durch Schiffahrtsabgaben verzinst und getilgt werden. Das Reich und die beteiligten Provinzialverbände sollen das Geld nur vorschießen. Die Kosten sind einschließlich aller Zinsen bis zur vollständigen Tilgung auf 96,34 Mill. Mark veranschlagt. Angenommen sind hierbei ein Schiffahrtsabgabensatz von im Mittel 60 ₰/tkm, eine Bauzeit von 6 Jahren, einfache Verzinsung des Kapitals bis zum 10. Jahre nach Baubeginn und Verzinsung mit Tilgung während weiterer 16 Jahre. Dabei ist ein Verkehr auf der mittleren Oder von 3 Mill. t bei Inbetriebnahme des Beckens und sodann eine jährliche Zunahme von 200 000 t zugrunde gelegt, was nach den vorliegenden Erfahrungszahlen reichlich vorsichtig gerechnet ist. Voraussichtlich wird die Entwicklung des Verkehrs gestatten, die Schiffahrtsabgaben herabzusetzen, was mit Rücksicht auf unsere Wettbewerbfähigkeit gegenüber dem Ausland eher angebracht ist, als wenn man sie als Einnahmequelle benutzt.

Schlesien steht in einer schweren Wirtschaftskrise infolge der Losreißung von Oberschlesien, der Absperrung Polens und der Tschechoslowakei durch Schutzzollschranken und der starken Erhöhung der Eisenbahntarife. Daher muß ihm der Absatz nach Norden und Westen und nach den deutschen Seehäfen erleichtert werden.

Allgemeinere hafenbautechnische Fragen behandelten Regierungsrat Dr. Werner Teubert, Potsdam, und Oberbaurat Wundram, Hamburg. Jener sprach über „Verkehrspolitische Maßnahmen zur Stärkung des Wettbewerbes der deutschen Seehäfen". Er forderte eine gesteigerte Güterzufuhr zu den deutschen Seehäfen, einmal durch ermäßigte Umschlagtarife überall da, wo Binnenschiffahrtswege zu den Seehäfen vorhanden sind, und niedrige Eisenbahntarife dort, wo Wasserwege fehlen. Eine Eisenbahn-Verkehrspolitik, die andern Verkehrsmitteln, besonders der Binnenschiffahrt, Verkehr zu entziehen strebt, hält er für verfehlt.

Oberbaurat Wundram, Hamburg, sprach an der Hand zahlreicher Lichtbilder über „Neuerungen auf dem Gebiet des mechanischen Hafenumschlags". Zum Löschen und Laden der Schiffe dienen vorwiegend Krane. Die neuen Bauarten mit schnell einziehbaren Auslegern sind keine normalen Hafenkrane; sie werden aber bei räumlicher Beschränkung mit Vorteil verwendet werden können. Bemerkenswerte Neuerungen wurden auch aus dem Gebiet der Verladebrücken und der Dauerförderer (Transportbänder) gezeigt. Diese werden namentlich für gemischtes Stückgut verwendet.

Das Streben, den Güterumschlag so billig und wirtschaftlich wie möglich zu gestalten, wurde besonders an der Entwicklung der Nahfördermittel gezeigt. Hier erobern sich die Elektrokarren und fahrbaren Stapelgeräte das Feld; diese sind leicht beweglich und auf kleinstem Raume lenkbar. Sie können das Transportgut innerhalb der Schuppen an jede beliebige Stelle fördern und zu beträchtlichen Höhen aufstapeln. Diese Arbeit ist bei Benutzung menschlicher Arbeitskraft sehr teuer.

[N 641] Bu.

Abb. 1. Kabelbagger zum Abbaggern eines Kies- und Sandberges

a Maschinenturm
b Gegenturm
c Führerhaus
d Tragkabel
e Laufkatze
f Schürfkübel
g Zugkabel
h Überladebunker.

Abb. 2. Kübel des Kabelbaggers beim Schürfen

Fördertechnik.

Kabelbagger.

Ein Fördermittel, das sich durch leichte Aufstellbarkeit, geringe Anlage- und Betriebskosten bei großer Leistungsfähigkeit auszeichnet und zum Abräumen von Deckgebirgen im Braunkohlenbergbau, zum Befördern von Schutt- und Kieshalden, zur Ausbeutung von Torfmooren usw. hervorragend geeignet ist, ist der Kabelbagger.

Der Hauptvorteil dieses Baggers besteht darin, daß er bei denkbar leichter Bauart das Fördergut sowohl aufnehmen als auch fortschaffen kann, so daß jedes Umladen in Fortfall kommt. Durch die damit verbundene große Wirtschaftlichkeit im Betrieb ist es in vielen Fällen überhaupt erst möglich, an eine Ausbeutung von Braunkohlengruben, Torfmooren usw. zu denken.

Der in Abb. 1 und 2 dargestellte Kabelbagger[1]) dient zum Abbaggern eines Kies- und Sandberges. Er besteht in der Hauptsache aus folgenden Teilen: dem Maschinenturm, mit einem Führerhaus ausgerüstet, dem Gegenturm, dem Trag- bzw. Zugkabel, der Laufkatze mit Schürfkübel, dem Windwerk sowie dem Kippanschlag und dem Überladebunker.

Der Maschinenturm ist ein ortfester bewehrter Holzmast von 26 m Höhe, an dessen oberem Ende die Abspann- und Zugkabel in entsprechender Weise befestigt bzw. geführt sind. Seitlich an diesem Turm, in etwa 20 m Höhe, ist das Führerhaus angebaut, von dem aus durch Fahrschalter und Steuerhebel sämtliche Arbeitsbewegungen betätigt werden können. Außerdem ist darin eine doppelte Anzeigevorrichtung eingebaut, die dem Baggerführer den jeweiligen Stand des Schürfkübels sowie den Tragkabeldurchhang selbsttätig anzeigt.

Der Gegenturm ist ein vierbeiniger, ortveränderlicher Holzbock von etwa 1,5 m Höhe, über dem das Tragkabel, das an zwei in das Erdreich eingerammten Pfählen befestigt ist, geführt wird. Die Tragkabel und besonders die Arbeitsseile sind außerordentlich geschmeidig und in einer Sondermachart hergestellt.

Der Kübel ist ein dreiseitig geschlossener, rechteckiger Flußeisenkasten von 0,4 m^3 = 720 kg Fassungsvermögen. Am vorderen Bodenende ist der Kübel mit Schneidezähnen aus hochwertigem Baustoff sowie mit abgeschrägten Schneidelippen ausgerüstet. Die Zweirollenlaufkatze mit gelenkig gelagerten Laufrädern trägt die für das Fortbewegen und Kippen des Kübels nötigen Ketten und Führungsrollen. Die Zweitrommelwinde zum Heben des Trageiles und Verfahren des Kübels wird von einem unmittelbar auf dem Windenrahmen sitzenden Drehstrommotor angetrieben und ist mit einer Rutschkupplung zum Verhindern großer Schürfwiderstände versehen. Die Anzeigevorrichtung besteht aus zwei Skalen mit Zeigervorrichtung sowie einer mit der Hauptwinde in unmittelbarer Verbindung stehenden Anzeigewinde. Der verstellbare Kippanschlag für die Kippstellung des Schürfkübels wird durch einen zweiteiligen gußeisernen, auf dem Tragseil festklemmbaren Knopf dargestellt.

Der Betrieb dieses Kabelbaggers gestaltet sich bei großer Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit sehr einfach. Wenn ein Schürfvorgang eingeleitet werden soll, wird das Tragkabel so weit nachgelassen, bis der Schürfkübel auf dem Boden aufsitzt und die Kübelketten schlaff sind. Hierauf wird die Fahrkupplung eingerückt und der Schürfkübel so lange vorwärts gezogen, bis er sich gefüllt hat. Nach beendeter Füllung wird zuerst das Tragkabel gespannt, bis der Kübel frei in der Luft hängt. In demselben Augenblick aber wird die Fahrtrommel eingeschaltet, so daß also das weitere Heben des Tragkabels und das Fahren der Katze mit dem Kübel gleichzeitig erfolgt. Der Kübel wird dadurch entleert, daß die Katze gegen den bereits genannten Anschlag fährt, wodurch die am hinteren Teil des Kübels befestigten Ketten verkürzt und der Kübel nach vorn gekippt wird. Die Katze fährt dann mit dem leeren Kübel von der Entlade- zur Schürfstelle bei entkuppeltem Motor, also stromlos, zurück.

Die Schürf- und Fahrgeschwindigkeit beträgt im Mittel 60 m/min, das Tragkabelheben 8,5 m/min. Die stündliche Leistung beträgt etwa 8 m^3 bei rd. 25 Förderspielen, mittlere Förderwege vorausgesetzt. Mit dem fortschreitenden Abbau des Kieslagers wird der Gegenturm dementsprechend versetzt.

Die Anwendungsmöglichkeiten des Kabelbaggers sind vielfältig, entsprechend den jeweils gestellten Förderaufgaben. Außer dem schon beschriebenen Kabelbagger, bei dem der Maschinenturm feststeht und der Gegenturm an verschiedene Stellen des Schürfgebietes versetzt oder im Kreis, Abb. 3, verfahren werden kann, werden, wenn ein größeres Abraumgebiet bedient werden soll, mit

[1]) Gebaut von Adolf Bleichert & Co., Leipzig.

Abb. 3. Kabelbagger mit im Kreis verfahrbarem Gegenturm.
a Maschinenturm *b* Gegenturm *c* Förderband *d* Tragkabel *e* Laufkatze *f* Schürfkübel *g* Entladestelle.

Abb. 4. Kabelbagger für ein größeres Abraumgebiet, bei dem beide Türme verfahrbar sind.

Vorteil Kabelbagger benutzt, bei denen beide Türme verfahrbar angeordnet sind, wie aus Abb. 4 ersehen werden kann.

Der in Abb. 3 dargestellte Kabelbagger, bei dem der Gegenbock im Kreis verfahrbar angeordnet ist, dient zum Baggern von Torfmoor. Die Spannweite beträgt 200 m, die Schürfgeschwindigkeit 50 m/min, die Fahrgeschwindigkeit 200 m/min, das Tragkabelheben 7,1 m/min. Die stündliche Leistung beläuft sich bei einem Kübelinhalt von 1,5 m³ auf 1500 kg = 30 m³ Torfmoor. Außerdem trägt dieser Bagger noch eine Einwurfschurre sowie ein Förderband, womit das ihm vom Schürfkübel zugeschüttete Gut in bereitstehende Kipploren oder auch Eisenbahnwagen selbsttätig verladen wird. Die in Abb. 4 dargestellte Kabelbaggeranlage von 252 m Spannweite[1]) ist mit zwei Tragkabeln ausgerüstet und dient zum Abbaggern von Abraum bis zu einer Tiefe von 6 bis 8 m in einer Braunkohlengrube. Beide Türme sind parallel verfahrbar. Die Schürfgeschwindigkeit beträgt 60 m/min, die Turmfahrgeschwindigkeit 4,3 m/min, die Kübelfahrgeschwindigkeit 240 m/min, das Tragkabelheben 7,5 m/min.

Auch hier fährt die Katze mit leerem Kübel von der Entlade- zur Schürfstelle bei entkuppeltem Motor, also stromlos zurück, während bei der in Abb. 3 dargestellten Kabelbaggeranlage ein besonderes Fahrseil die Rückwärtsbewegung des leeren Kübels nach der Wiederaufnahmestelle bewirkt. [M 479]

Leipzig. Konrad Zapf.

Neue Elektrohängebahn-Greiferkatze.

Die bisher bekannten Bauarten von ferngesteuerten Elektrohängebahn-Greiferkatzen sind in ihrer Anwendungsmöglichkeit insofern häufig beschränkt, als für sehr kleine Leistungen die Höhe der Anschaffungskosten in keinem wirtschaftlichen Verhältnis zur Ausnutzmöglichkeit der Bahnanlage steht. Auch ist bei diesen Ausführungen meist Bedingung, daß mindestens zwei Mann Bedienung vorhanden sind, einer am Schaltgerät zum Steuern der einzelnen Katzenbewegungen, wie Greifen, Heben, Fahren und Entleeren, der andere im Eisenbahnwagen oder auf dem Lagerplatz zum richtigen Ansetzen des Greifers.

Die Notwendigkeit, gerade die unwirtschaftlichen Förderkosten auf ein Mindestmaß zu beschränken, legte nun den Gedanken nahe, eine ferngesteuerte Elektrohängebahn mit Greiferbetrieb auszubilden, die bei kleiner Leistung den Anforderungen mittlerer Betriebe genügt und deren Durchbildung unter Ausnutzung aller Vorteile, die eine kleine Leistung erlaubt, eine entsprechend billige Herstellung ermöglicht bzw. nur geringe, mit der geforderten und ausnutzbaren Leistung im Einklang stehende Anschaffungskosten verursacht, und die von nur einem Mann bedient werden kann.

Diese Aufgaben werden von der von der Transportanlagen-A.-G., Dresden, durchgebildeten Bauart[2]) dadurch gelöst, daß die Steuervorrichtung nicht wie bei den bekannten Ausführungen von beliebiger Stelle aus bedient wird, sondern daß ein kleiner, bequem tragbarer Druckknopf-Steuerschalter dort angebracht wird, wo der unerläßlich notwendige Bedienungsmann sein muß, also entweder im Eisenbahnwagen oder auf dem Lagerplatz. Die Vorrichtung wird mittels eines biegsamen Kabels an eine Steckdose der elektrischen Leitung angeschlossen. Die Lage der Steckdose den örtlichen Verhältnissen derart anzupassen, daß das Kabel nicht unbequem lang wird, dürfte wohl in allen Fällen möglich sein.

Aus der Druckknopfsteuerung ergibt sich die Art der elektrischen Ausrüstung. Bei Gleichstrom treten zu der stromzuführenden Speiseleitung Steuerleitungen, deren Zahl auf zwei zu beschränken durch Anwendung besonderer Schaltanordnungen gelungen ist. Man kommt also mit drei Schleifleitungen längs der Fahrbahn aus. Kann in Ausnahmefällen der Gleichstromanschluß nicht geerdet werden, so daß also die Fahrschiene nicht als Null-Leiter in Betracht kommt, so ist eine vierte Leitung als Rückleitung notwendig. Ebenso ist bei Drehstrom durch Anwendung einer neuartigen Schaltanordnung erreicht, daß trotz der mannigfachen Schaltvorgänge nur drei Leitungen notwendig sind.

Um die Steuerschalter mit Rücksicht auf die sonst unvermeidbaren hohen Kosten recht einfach ausführen zu können, hat man die Größe der anwendbaren Kraft danach bemessen, daß der Motor ohne Walzenschalter eingeschaltet werden kann. Zu große, also schädliche Stromstöße beim Einschalten werden dabei durch einen einstufigen Vorschaltwiderstand vermieden.

Bei der gewählten Anordnung ist für sämtliche Bewegungsvorgänge meist nur ein Motor von 2 PS notwendig. Hierdurch ergibt sich eine mit Rücksicht auf die Kosten vorteilhafte Gewichtersparnis. Durch Steuermagnete wird der Motor wahlweise mit dem Fahrwerk oder mit dem Hubwerk gekuppelt. Zur Rückwärtsfahrt dient ein besonderer Umkehrschalter. Im übrigen ist die Katze nach den bei den bekannten Elektrozügen gemachten Erfahrungen aufgebaut; alle Abmessungen sind so klein wie möglich gehalten. Eine weitere Gewichtersparnis ergibt sich aus der Verwendung eines Zweiseilgreifers an Stelle des bisher bei derartigen Konstruktionen verwendeten Einseilgreifers.

Die konstruktive Überlegenheit des Zweiseilgreifers besteht bekanntlich in der Hauptsache darin, daß der gefüllte Greifer in beliebiger Höhe angehalten und entleert werden kann. Man kann also die Abwurfhöhe der Empfindlichkeit des Fördergutes anpassen.

Das tote Gewicht der Katze einschließlich Greifer beträgt bei 300 kg Nutzlast etwa 1100 kg. Die Fahrgeschwindigkeit ist mit 60 m/min, die Hubgeschwindigkeit mit 6 m/min und die Senkgeschwindigkeit mit 25 m/min festgelegt und paßt sich den meist vorliegenden Betriebsbedingungen gut an. Nimmt man z. B. an, daß die Länge der Fahrbahn 50 m und die Hubhöhe etwa 8 m beträgt, so ergibt sich eine mittlere Leistung der Greiferkatze von etwa 6 t/h. Damit paßt sich die neue Katze den bei mittleren Betrieben erfahrungsgemäß vorherrschenden Verhältnissen an.

Die geschilderte Greiferkatze ist insbesondere zum Umladen von Kohlen gebaut. Für andre Fördergüter, wie Kies und ähnliche Schüttgüter, ferner für Stückgüter, wie Ballen und dergl., sind nach Mitteilung der Firma Sonderausführungen in Vorbereitung.

Berlin. [N 480] H. R. Müller.

[1]) Für später ist eine Anlage von 320 m in Aussicht genommen.

[2]) Vergl. auch „Fördertechnik und Frachtverkehr" Heft 5, (1925) S. 55.

Dampfkessel.

Ist alkalische Reaktion des Kesselwassers für das Kesselblech schädlich?

In der Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg hat Dr.-Ing. Münzinger amerikanische Mitteilungen über die angebliche Schädlichkeit von soda- und ätznatronhaltigem Kesselspeisewasser für Kesselbleche mit guten physikalischen Eigenschaften vorgetragen[3]). Schon in Augsburg selbst wurden diesen Erfahrungen gewichtige Gegenäußerungen entgegengehalten; immerhin könnte bei Betriebsingenieuren von Kesselanlagen, die der Augsburger Versammlung nicht beiwohnen konnten, doch eine gewisse Unsicherheit ausgelöst werden. So darf z. B. die aus dem Vortrag abgeleitete Forderung, künftighin Kessel möglichst mit Kondensat sowie Destillat zu speisen, nicht unwidersprochen bleiben.

Es ist bekannt, daß destilliertes Wasser chemisch als eine Säure aufzufassen ist, die Eisenblech angreift; es ist ferner auch bekannt, daß dieser Angriff verringert oder praktisch unterbunden wird, wenn eine bestimmte alkalische Reaktion im Kesselwasser vorhanden ist. Aus diesem Grund ist es nicht schädlich, sondern nur vorteilhaft, wenn man jedes Kesselspeisewasser alkalisch hält und auch den Kondensaten Ätznatron hinzufügt. Über die Mengenverhältnisse sagt die bisher bekannte Fachliteratur, daß Anfressungen der Kesselinnenhaut nicht mehr auftreten, wenn die Alkalität des Kesselwassers mindestens 0,4 g/l Ätznatron oder 1,8 g/l Soda beträgt.

Über weitere Einzelheiten dieser sehr wichtigen Frage wird auf der Hauptversammlung der Vereinigung der Großkesselbesitzer in Darmstadt am 11. September 1925 gesprochen werden.

[N 670] Dr. Splittgerber.

Eisenbeton-Nomogramme ohne logarithmische Teilung.

Berichtigung. In dem Aufsatz von Kann in Z. Nr. 25 vom 20. Juni 1925 muß Gl. (7) auf S. 852, l. Sp., unten heißen: $\sigma_k = \frac{\sigma_b}{1 + \alpha \lambda^2}$.

Zu Gl. (8) auf derselben Seite teilt uns der Verfasser mit, daß diese Gleichung selbstverständlich nach erfolgter Umformung ein schönes Nomogramm ergibt, indem man an Stelle von (8) schreibt:

$$\frac{z}{h' - z} = \frac{10\,\sigma_b + \sigma_e}{5\,\sigma_b} \quad \text{oder} \quad \frac{0 + z}{h' - z} = \frac{10\,\sigma_b + \sigma_e}{5\,\sigma_b + 0}.$$

Hiermit ist der Nachteil der ursprünglichen Form, daß die beiden Leitern für σ_b und σ_e einen sehr stumpfen Winkel miteinander einschließen, behoben. [N 718]

Metalle und Legierungen.

In Heft 15 dieser Zeitschrift Bd. 69 (1925) S. 486 wies ich darauf hin, daß mein Beitrag zur Chronik in Heft 2 S. 48 dieser Zeitschrift nicht dahin mißverstanden werden dürfe, daß die Hartlegierungen Caedit, Celsit und Akrit durch Diffusion gewonnen werden. Hierzu möchte ich noch ergänzend bemerken, daß das von mir als Zusatz genannte Metall Kobalt bei den zuerst verbreiteten Typen dieser Legierungen auch als Hauptbestandteil an die Stelle der genannten Metalle Nickel und Eisen tritt.

[N 476] Guertler.

[3]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 840.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Regeln für Abnahmeversuche an Dampfanlagen. Aufgest. v. d. hierfür vom V. d. I. gebildeten Ausschuß. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 9 S. DIN-Format A4. Preis 1,50 ℳ.

In der Einleitung werden Zweck und Art der Abnahmeversuche, die Begriffsbestimmung der in Frage kommenden Maßeinheiten und Grundwerte und die zulässigen Meßgeräte für solche Abnahmeversuche aufgeführt.

Die Regeln behandeln dann in drei Hauptteilen Abnahmeversuche an Dampferzeugeranlagen, Kolbendampfmaschinen und Dampfturbinenanlagen. Jeder dieser Hauptabschnitte ist wieder nach Benennungen und Vergleichswerten, Abnahmeversuchen (Aufzählung der am meisten vorkommenden Versuche) und Ausführung der Abnahmeversuche gegliedert. Den Schluß des Heftes bildet ein kurzer wirtschaftlicher Anhang.

Die neuen Regeln bringen gegenüber den Normen von 1899 eine gewisse Einschränkung im Spiel (Toleranz) bei den Abnahmeversuchen. Während ferner früher der untere Heizwert maßgebend war, ist es jetzt der obere Heizwert, wobei mit Rücksicht auf die Anpassung an den bisherigen Gebrauch sowie auf den erheblichen Unterschied der Wirkungsgrade empfohlen wird, vorläufig auch den unteren Heizwert anzugeben. [E 661]

Marine structures, their deterioration and preservation. Bericht des Ausschusses für Untersuchungen von Pfahlwerken im Meerwasser der Division of Engineering and Industrial Research of the National Research Council. Von William G. Atwood, A. A. Johnson und andern Mitarbeitern. Washington 1924, National Research Council. 461 S. m. 168 Abb.

Das Buch verdankt seine Entstehung dem Auftreten und schnellen Umsichgreifen von Bohrwurmzerstörungen in der mit der San Franzisko-Bucht in Verbindung stehenden San Pablo-Bucht und Suisun-Bucht seit 1914, denen in den folgenden vier Jahren jedes Holzbauwerk fast zum Opfer fiel. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit des Problems für alle Landesteile hatte der National Research Council 1922 einen Ausschuß von Ingenieuren, Biologen, Chemikern und Holz- und Betonfachleuten eingesetzt, der den Schutz und die Erhaltung von Holzkonstruktionen vor dem Angriff von Bohrwürmern studieren und den Wert des Ersatzes von Holz, insbesondre durch Beton untersuchen sollte.

In sieben Abschnitten werden eine Übersicht der verschiedenen Schädlinge, die Probestücke und Wasseranalysen, ferner 90 wohlgelungene Abbildungen der Holzzerstörer, wie Crustaceen, Mollusken u. a., weiter die Steinbohrer, die Hölzer, die als wurmsicher gelten, der Schutz gegen Bohrwürmer durch die Rinde, durch Verkleidung mit getränkten Bohlen, Anbrennen und Teeren, durch Anstriche, Armierungen, Einpressen von Schutzmitteln, schließlich die Ersatzbaustoffe für Holz, wie Beton, Gußeisen, Schmiedeisen und Stahl behandelt. Ein weiteres Kapitel füllen die Berichte des chemischen Dienstes während des Krieges. Die größte Hälfte des Buches wird durch geographische und meteorologische Mitteilungen, Angaben über Vorkommen und Schäden der Bohrwürmer, Übersicht der ausgelegten Proben, Schutzmaßnahmen und Ersatzmittel für Holz mit Lageskizzen und graphischen Darstellungen von Salzgehalt und Temperaturen in den Häfen der Union beansprucht. Den Schluß bildet ein umfangreicher Nachweis der Weltliteratur über die Biologie der Bohrwürmer, die Holzerhaltung sowie über Zement und Beton im Meerwasser, auf 60 Seiten, der in solcher Vollständigkeit kaum irgendwo zu finden sein dürfte und dessen Grundstock, wie eine Vorbemerkung dazu zugibt, der Sammlung der deutschen „Naturwissenschaftlichen Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft" entstammt.

Im Vorwort wird ausdrücklich bemerkt, daß der Bericht nichts Abschließendes biete und daß noch vieles dem weiteren Studium des Problems vorbehalten bleibe. Wenn das auch richtig ist, so war es doch ein großes Verdienst, so umfangreiche Versuchswerte zusammenzutragen, die den heutigen Stand der Forschung erschöpfend darstellen.

Da sich der Bohrwurm auch bei uns neuerdings wieder in Gebieten bemerkbar macht, wo er lange Zeit hindurch nicht beobachtet wurde, so wird das Werk auch unsern Ingenieuren, die sich mit Bauten im Meere beschäftigen, von Nutzen sein können. [E 271] Bu.

Physik und Chemie. Von A. Neuburger. München 1924. Albert Langen. 311 S. Preis geh. 5 ℳ.

Der vorliegende erste Band der Sammlung „Wunder der Wissenschaft" bringt in unterhaltender Schreibweise eine außerordentliche Fülle physikalischer und chemischer „Wunder". Wunder in dem Sinne, daß es „selbst für den kühl, ruhig abwägenden und erfahrenen Vertreter der Naturwissenschaften Offenbarungen gibt, die ihm in der Wucht ihres Inhalts, im Unverhofften ihres Auftretens, in den geradezu unglaublichen Ausblicken, die sie im ersten Augenblick eröffnen, wie Wunder anmuten." Es würde hier zu weit führen, alles zu erwähnen, was geboten wird. Von der Relativitätstheorie bis zum Wirkungsgrad, vom neuzeitlichen Goldmachen bis zur gerichtlichen Chemie ist in anregender Form alles gebracht, was auf beiden Gebieten den modernen Menschen interessieren kann. Dabei ist alles Lehrhafte vermieden, man liest das Buch wie eine Erzählung, so daß es in weitesten Kreisen heimisch werden wird. Dem Ingenieur wird vielleicht das eine oder andere nicht besonders wunderbar scheinen, weil er es bereits lange kennt und nicht hier zum ersten Male erfährt; er wird aber doch aus den Nachbargebieten so außerordentlich viel höchst Anregendes erfahren, daß er das Buch mit Gewinn bis zu Ende liest. Das Buch ist dazu berufen, in weiten Kreisen die Achtung vor der Wissenschaft und ihren Leistungen zu befestigen und zu erhöhen.

[E 654] Dr.-Ing. Adrian.

„Berufsberatung, Berufsauslese, Berufsausbildung". Beiträge zur Förderung des gewerblichen Nachwuchses. 32. Sonderheft der Sonderveröffentl. des Reichsarbeitsblattes. Berlin 1925, Reimar Hobbing. 319 S. mit zahlr. Textzeichn. und 16 Bildtaf. Preis 10 ℳ.

Die Reichsarbeitsverwaltung hat unter Mitwirkung bekannter Fachleute die heute vordringliche Frage des Facharbeiternachwuchses in einem stattlichen Bande behandelt, und zwar in bezug auf Berufsberatung (Aufgaben, Organe, Methoden usw.), Berufsauslese (Bedeutung der Psychotechnik und der Berufsausbildung), Lehrlingswesen im Handwerk und in industriellen Betrieben. Es ist zu begrüßen, daß sowohl die Probleme wie auch die praktischen Anwendungen behandelt werden und daß dabei letztere nicht zu kurz kommen. Das mit guten bildlichen Darstellungen geschmückte Buch wird sicher in weiten Kreisen der Beteiligten mit Vorteil zu Rate gezogen werden. [E 659]

Der Talsperrenbau. Von P. Ziegler. 3. neubearb. Aufl. Bd. 1. Berlin 1925, Wilhelm Ernst & Sohn. 247 S. m. 337 Abb. Preis geh. 24 ℳ, geb. 26 ℳ.

Der Rahmen. Ein Hilfsbuch zur Berechnung von Rahmen aus Eisen und Eisenbeton mit ausgeführten Beispielen. Von W. Gehler. 3. neubearb. u. erw. Aufl. Berlin 1925, Wilhelm Ernst & Sohn. 353 S. m. 618 Abb. Preis geh. 18 ℳ, geb. 19,50 ℳ.

H. Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik. Von K. Brabbée. 7. verb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. Bd. 1: 182 S. m. 257 Abb. Bd. 2: 182 S. m. 42 Abb. u. 32 Taf. Preis Bd. 1 und 2: 33 ℳ.

Selbstkosten-Nachrechnung und Buchhaltung in Maschinenfabriken. Herausg. von dem Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten. Charlottenburg 1925, Selbstverlag. 31 S. m. 10 Abb. Preis 2 ℳ.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 | **SONNABEND, 18. JULI 1925** | **NR. 29**

Neuere Erkenntnisse und Richtlinien der Feuerungstechnik.

Von Dipl.-Ing. Schulte, Direktor des Dampfkessel-Überwachungs-Vereines, Essen.

Vorgetragen auf der Kohlentagung in Essen am 26. April 1925[1]).

Zusammensetzung der festen Brennstoffe; Einfluß der flüchtigen Bestandteile, insbesondere des Wasserstoffes, auf die Verbrennung — Der Wirkungsgrad der Feuerung — Luftbedarf, Rauchgasmenge und Heizwert des Brennstoffes, der flüchtigen Bestandteile und des Koksrückstandes — Einflüsse dieser Anteile auf Brennzeit und Vollkommenheit der Verbrennung — Leistung der Feuerräume — Abstand der Heizfläche von der Rostbahn — Neuere Formeln für die Brennzeit — Rostleistungen — Form und Größe der Zündgewölbe — Wanderrost-, Stoker- und Treppenrost-Feuerungen verschiedener Bauart.

Die Feuerungstechnik befindet sich zur Zeit in regster Weiterentwicklung, veranlaßt durch das Bestreben, die bisher als minderwertig angesehenen Brennstoffe zu verwerten, den Feuerungswirkungsgrad zu verbessern und die Leistungen der Feuerungen den erhöhten Ansprüchen anzupassen, mit einem Wort, die Wirtschaftlichkeit der Feuerungsanlagen zu heben.

Die Bestrebungen richteten sich in erster Linie auf Erforschung des eigentlichen Verbrennungsvorganges, um daraus Erkenntnisse für die Ausgestaltung der Feuerungen zu schöpfen. Noch während des Krieges führten die Bestrebungen, eine bessere Ausgestaltung der Zündgewölbe zu erreichen, zum Erfolg[2]), der später durch Entwicklung des von Loschge angegebenen Gedankens erweitert wurde. Bekannt ist auch die bereits vor dem Krieg einsetzende und durch die Verwendung minderwertiger Brennstoffe im Kriege stark geförderte Anwendung des Unterwindes, der Beiluft und deren Vorwärmung. Durch die nach dem Kriege wieder aufgenommene Fühlung mit den Vereinigten Staaten von Nordamerika kamen weitere Anregungen auch zu uns herüber, die vornehmlich bestanden in der Anwendung größerer Feuerräume und im Freimachen des Erbauers der Feuerung von den Rücksichten auf den Baustoff.

Die so gekennzeichnete Entwicklung ist bei weitem noch nicht abgeschlossen, vielmehr müssen wir uns gestehen, daß wir in der sinnentsprechenden Anwendung des Unterwindes und der Beiluftzuführung sowie der Ausgestaltung der Feuerräume und Zündgewölbe erst am Anfang der Entwicklung stehen. Es fehlen vor allen Dingen die für eine sichere Beurteilung notwendigen Zweckversuche. Die vorliegende Arbeit kann sich daher auf solche auch nicht stützen. Sie will lediglich die bisherigen Erkenntnisse auf Grund von Erfahrungen bei neueren Versuchen weiterentwickeln und einige Gesichtspunkte für den Bau der Feuerungen angeben. Hierbei sollen vornehmlich die mechanischen Großfeuerungen betrachtet werden und die Erörterungen lediglich auf feste Brennstoffe beschränkt bleiben. Auch die Kohlenstaubfeuerung wird, als aus dem Rahmen der Arbeit herausfallend, nicht behandelt werden.

Zusammensetzung der festen Brennstoffe und ihr Einfluß auf die Verbrennung.

In früheren Veröffentlichungen der neueren Zeit ist bereits auf die große Bedeutung des verfügbaren, d. h. nicht an Sauerstoff gebundenen Wasserstoffs und sein Verhältnis zum festen und flüchtigen Kohlenstoff in den Brennstoffen hingewiesen worden[3]). Zum Verständnis des Folgenden ist eine kurze Zusammenfassung der bisherigen Erkenntnisse erforderlich.

Die Steinkohlen haben je nach ihrem Alter eine verschiedene Zusammensetzung an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, für deren Beurteilung ihr Gehalt an Wasser und Asche zunächst ausscheiden möge. Sie ist von Broockmann[4]) in übersichtlicher Weise zusammengestellt. Aus den in der Broockmannschen Tafel enthaltenen Zahlen ist unter Annahme allmählicher Übergänge Abb. 1 entstanden, die auf der Wagerechten den Gehalt an flüchtigen Bestandteilen, unter gleichzeitiger Kennzeichnung nach der Brennstoffsorte, in der Senkrechten den vH-Gehalt der einzelnen Bestandteile im wasser- und aschefreien Brennstoff zeigt. Wie aus dem Bild hervorgeht, weisen die Linien des Wasserstoffgehalts und des festen, nicht an Wasserstoff gebundenen Kohlenstoffs einen ziemlich regelmäßigen Verlauf auf. Der Wasserstoffgehalt beträgt bei fast allen festen Brennstoffen etwa 5 vH, nur bei mageren Brennstoffen wird dieser Wert unterschritten. Der feste Kohlenstoff nimmt mit dem Alter der Kohle gleichmäßig zu. Der verfügbare Wasserstoff $(H - O/8)$ ist am höchsten bei der Kohle mit mittlerem Gasgehalt, nämlich der Fettkohle, er fällt nach den gashaltigen Kohlen zu sehr flach, nach den mageren Kohlen zu etwas steiler ab.

Einen auffallenden Verlauf zeigen die Linien für den Kohlenstoff und für den Sauerstoff, jedoch insofern eine Übereinstimmung, als mit rascher sinkendem Sauerstoffgehalt der Kohlenstoff stark ansteigt. Unverkennbar ist aber, daß mit zunehmendem Alter der Kohle der Sauerstoffgehalt abnimmt, und zwar zunächst stark, bei den mageren Brennstoffen allmählich schwächer, und daß der Kohlenstoff im

Abb. 1. Zusammensetzung der Brennstoffe (wasser- und aschefrei).

[1]) s. a. Z. Bd. 69 (1925) S. 547, 793, 929

[2]) Z. Bd. 61 (1917) S. 721 u. f.

[3]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1081 u. f.

[4]) Sammelwerk Bd. 1 S. 259, herausgegeben vom Verein für die bergbaulichen Interessen, Essen.

Abb. 2. Zusammensetzung versch. Kohlenarten (Reinkohle).

umgekehrten Sinne zunimmt. Der Vergleich der Linien für den Gesamtkohlenstoff und für den festen Kohlenstoff zeigt, daß die Unregelmäßigkeit im Kohlenstoffgehalt allein auf den in den flüchtigen Bestandteilen enthaltenen Kohlenstoff zurückzuführen ist. Die Linie $\frac{H - 0/8}{C}$, d. h. das Verhältnis des freien Wasserstoffs zum Kohlenstoff ist von besonderer Bedeutung, weil dieses Verhältnis die Verbrennung ausschlaggebend beeinflußt. Es ist wiederum für Kohle mittleren Gasgehalts, nämlich für Fettkohle, am günstigsten, es fällt zu den gashaltigen schwach, zu den gasarmen stark ab. Die Verbrennung von gashaltigen Kohlen ist daher, wie ja auch die Erfahrung lehrt, feuerungstechnisch bedeutend einfacher und besser als die der mageren

Abb. 3. Luftbedarf, Rauchgasmenge und Heizwert für Reinkohle.

1) insgesamt
a Rauchgasmenge
b Luftbedarf
d Heizwert
e Heizwert

2) fester Kohlenstoff
c Luftbedarf u. Rauchgasmenge

3) flüchtige Bestandteile
f Rauchgasmenge
g Luftbedarf
h Heizwert.

Brennstoffe. Das günstigste Verhältnis besteht bei der Fettkohle, die erfahrungsgemäß auch in der Regel im praktischen Betriebe die beste Ausnutzung bringt.

Auch das Verhältnis $\frac{H - 0/8}{C \text{ flüchtig}}$ ist von besonderer Bedeutung für die Betrachtung des Feuerungsverlaufs der flüchtigen Bestandteile; es nimmt von den mageren Kohlen zu den gashaltigen zunächst sehr stark, später weniger stark ab. Dieser Verlauf der Linien scheint darauf hinzuweisen, daß aus dem Brennstoff das entwickelte Gas bei mageren Kohlen schneller verbrennt als bei gashaltigen Kohlen. Sehr lehrreich ist auch Abb. 2, hier sind die Einzelanteile der Bestandteile in den verschiedenen Brennstoffen deutlich erkennbar. Während in der Braunkohle auf den festen Kohlenstoff, die brennbaren Gase und die nicht brennbaren Gase ungefähr je ein Drittel entfällt, bestehen Koks und Anthrazit fast nur noch aus Kohlenstoff.

In neuerer Zeit neigt man der Ansicht zu, daß der in den Brennstoffen enthaltene Sauerstoff nicht unbedingt an Wasserstoff gebunden zu sein braucht, sondern sich auch in fester Form in dieser Kohle befinden kann. Nach eingeleiteter Verbrennung würde er dann um so wirksamer auftreten, woraus sich die leichte Entzündlichkeit der jungen Brennstoffe mit hohem Sauerstoffgehalt erklärt.

Der Heizwert wird durch den Gehalt an Wasserstoff sehr stark in günstigem Sinne beeinflußt, während der Sauerstoff ihn stark vermindert. Der höchste Heizwert liegt daher nicht bei der Fettkohle, sondern bei der Magerkohle. Bekannt ist, daß die Verbrennungstemperatur vom Heizwert und Luftbedarf abhängig ist, da der Luftbedarf aber in einem gewissen Zusammenhang zum Heizwert steht, so werden bei schwankendem Heizwert die Verbrennungstemperaturen durch den im gleichen Sinne veränderlichen Luftbedarf wieder ausgeglichen, so daß die Verbrennungstemperaturen wenigstens für die mittleren und hochwertigen Brennstoffe gleich hoch sind. Erst bei erheblichem Wassergehalt tritt eine Verringerung der Verbrennungstemperatur durch Verdampfung und Überhitzung des Wasserdampfes ein.

Es soll hier nicht ausführlich erörtert werden, ob der Kohlenstoff zunächst zu CO_2 oder zu CO verbrennt. Neuere Forschungen scheinen darauf hinzudeuten, daß anfänglich beides auftritt und daß der Grad der Verbrennung von CO_2 und CO abhängig ist von Temperatur und Wasserdampfgehalt. Die anfängliche CO-Bildung ist jedoch bei den in der Praxis vorkommenden Verhältnissen so gering, daß sie vernachlässigt werden und man allgemein damit rechnen kann, daß der feste Kohlenstoff auf dem Rost, die flüchtigen Bestandteile über dem Rost verbrennen.

Der Feuerungswirkungsgrad.

Die Untrennbarkeit des Feuerungsvorganges von dem Feuerungszweck und die Verquickung des Wirkungsgrades der Feuerung mit dem der Gesamtanlage war der Grund, weshalb dem Feuerungsvorgang an sich bisher zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde, und doch ist es notwendig, den Feuerungswirkungsgrad aufs höchste zu steigern, d. h. die dem Brennstoff innewohnende Wärmemenge schon in der Feuerung vollkommen zu entbinden, weil die im Feuerraum nicht freigewordene Wärme später schwerlich oder gar nicht nutzbar gemacht werden kann. In neuerer Zeit haben daher führende Feuerungstechniker immer wieder darauf hingewiesen, daß außer dem Gesamtwirkungsgrad der Anlage der Feuerungswirkungsgrad für sich herausgehoben werden müsse. Wie außerordentlich verschieden diese Wirkungsgrade ausfallen können, haben

Abb. 4. Luftbedarf und Rauchgasmenge bei verschiedenem Luftüberschuß.

a Rauchgasmenge insgesamt
b Luftbedarf insgesamt
c Luftbedarf und Rauchgasmenge des festen C
d Anteil der flüchtigen Bestandteile an der Rauchgasmenge
e Anteil der flüchtigen Bestandteile am Luftbedarf

1 Luftüberschuß $\lambda = 1{,}25$
2 " " $= 1{,}5$
3 " " $= 1{,}75$
4 " " $= 2{,}00$.

die Versuche von Ebel[1]) mit minderwertigen Brennstoffen bewiesen, bei denen Wirkungsgrade von rd. 78 bis 96 vH. auftraten.

Flüchtige Bestandteile und Koksrückstand.

Will man für die Beurteilung einer Feuerung bezüglich der Größe der Feuerräume und der Rostfläche sichere Unterlagen gewinnen, so muß man noch weitergehen und den Feuerungsvorgang der flüchtigen Bestandteile von dem des Koksrückstandes trennen, weil ja die flüchtigen Bestandteile über dem Rost, d. h. im eigentlichen Feuerraum, und zwar schwebend, die Koksrückstände auf dem Rost, also ruhend verbrennen. Die Verbrennung der flüchtigen Bestandteile ist zeitlich eng begrenzt durch die Dauer des Schwebezustandes vor Berühren der Heizfläche und währt in der Regel nur wenige Sekunden, die der Koksrückstände ist zeitlich sehr weit begrenzt, je nach der Windgeschwindigkeit, Länge und Vorschubgeschwindigkeit des Rostes, und währt etwa ½ bis 1½ h. Für die Verbrennung der Koksrückstände ist günstig, daß sie sauerstoffreiche Luft erhalten, jedoch ungünstig, daß diese Luft in der Regel nicht vorgewärmt ist. Die flüchtigen Bestandteile dagegen erhalten zwar vorgewärmte Luft, jedoch je nach dem Kohlenstoffgehalt bereits mehr oder weniger sauerstoffarme.

Luftbedarf, Rauchgasmenge und Heizwert.

Wie außerordentlich verschieden der Luftbedarf der Brennstoffe ist, zeigt Abb. 3. Der Gesamtluftbedarf für die Reinkohle fällt naturgemäß mit dem Sauerstoffgehalt der Kohle, ist also bei jungen Braunkohlen bedeutend geringer als bei den alten Steinkohlen; am höchsten ist er bei der Magerkohle und sinkt zum Anthrazit und Koks wieder etwas ab. Der Luftbedarf für die Koksrückstände steigt gleichmäßig mit dem Alter der Kohle, der Luftbedarf der flüchtigen Bestandteile dagegen ist für die gashaltigen Brennstoffe vom Torf bis zur Gaskohle fast gleichmäßig, um dann zunächst schwach, später stärker bis zum Koks zu fallen.

Abb. 5. Anteil der flüchtigen Bestandteile an Luftbedarf, Rauchgasmenge und Heizwert.

a Rauchgasmenge, *b* Heizwert, *c* Luftbedarf — unter den Schaulinien: Anteil der flüchtigen Bestandteile; über " " : Anteil des festen Kohlenstoffes.

Die Linien für die entwickelte Rauchgasmenge und den Heizwert zeigen große Ähnlichkeit mit denjenigen des Luftbedarfs. Eine stärkere Abweichung tritt nur beim Heizwert für die flüchtigen Bestandteile ein. Ähnliche Kurven ergeben sich bei Berücksichtigung des Luftüberschusses für den Luftbedarf und die Rauchgasmenge, s. Abb. 4, jedoch sind mit steigendem Luftüberschuß die Linienzüge stärker gekrümmt. Die Linienzüge für den Luftbedarf und die Rauchgasmengen der flüchtigen Bestandteile streben mit zunehmendem Gasgehalt der Kohle auseinander, während bei den Linienzügen für den festen Kohlenstoff das umgekehrte der Fall ist. Da die letztere Wirkung aber stärker ist, so liegen die Linien des Luftbedarfs und der Rauchgasmenge für die Gesamtkohle bei den Magerkohlen weiter auseinander als bei den Gaskohlen, d. h. ein übermäßiger Luftüberschuß ist feuerungstechnisch bei den Magerkohlen von ungünstigerer Wirkung als bei den gashaltigen Kohlen. Begründet liegt diese Erscheinung in dem großen Luftbedarf des verfügbaren Wasserstoffs und der daraus gebildeten Rauchgasmenge mit hohem Stickstoffballast, während der an Sauerstoff gebundene Wasserstoff nur Wasserdampfvolumen ohne Stickstoff und ohne Heizwert hervorruft.

Wie groß der Anteil des Luftbedarfs und der Rauchgasmenge für die flüchtigen Bestandteile werden kann, zeigt Abb. 5. Er beträgt bei der Anthrazitkohle im Mittel rd. 5 vH, bei der Magerkohle rd. 20 vH, bei der Fettkohle rd. 30 vH, um über die Braunkohle mit rd. 40 vH bis auf rd. 50 vH beim Torf zu steigen. Der Einfluß des Sauerstoffgehaltes wird in

Abb. 6. Luftbedarf und Rauchgasmenge bei $\gamma = 1{,}25$ in m³ auf 1 kg Rohkohle.
a Rauchgasmenge *b* Heizwert *c* Luftbedarf

[1]) „Glückauf" Bd. 25 (1924) S. 507; Z. Bd. 68 (1924) S. 1031 u. 1106.

Abb. 7. Verbrennungstemperaturen der flücht. Bestandteile bei verschiedenem Luftüberschuß und Wassergehalt.

Zahlentafel 1. Verbrennungstemperaturen der flüchtigen Bestandteile in °C.

Wassergehalt vH	Luftüberschuß λ	Gehalt der Reinkohle an flücht. Bestandteilen in vH							
		5	10	20	30	40	50	60	70
	1,0	2160	2175	2180	2140	2120	2045	1940	1845
	1,25	1885	1900		1840		1770		1630
0	1,5	1660	1655		1595		1540		1440
	1,75	1500	1485		1435		1380		1290
	2,0	1340	1330		1295		1240		1165
	1,0	1710	1910	2010	2005	2000	1935	1840	1750
	1,25	1500	1680		1740		1680		1535
10	1,5	1360	1490		1525		1475		1365
	1,75	1230	1330		1365		1310		1215
	2,0	1120	1200		1225		1185		1110
	1,0	1310	1635	1835	1855	1850	1795	1715	1630
	1,25	1180	1440		1610		1570		1425
20	1,5	1055	1290		1420		1375		1275
	1,75	960	1155		1275		1240		1130
	2,0	885	1055		1150		1115		1035
	1,0	910	1325	1625	1660	1675	1630	1555	1465
	1,25	820	1195		1470		1440		1295
30	1,5	760	1075		1305		1280		1175
	1,75	700	970		1170		1140		1040
	2,0	640	840		1055		1035		955
	1,0						1460	1375	1280
	1,25						1290		1145
40	1,5						1155		1085
	1,75						1035		930
	2,0						935		845
	1,0						1220	1150	1060
	1,25						1090		955
50	1,5						980		870
	1,75						900		795
							820		725
	1,0						945	880	795
	1,25						860		715
60	1,5						780		655
	1,75						705		605
	2,0						650		555

dem abgeflachten oberen Teil der Kurve erkennbar. Wird auch der Asche- und Wassergehalt noch berücksichtigt und in ein räumliches Koordinatensystem eingetragen, so ergibt sich ein anschauliches Bild über den Luftbedarf und die Rauchgasmenge der Brennstoffe, s. Abb. 6; die Linienzüge flachen sich bei hohem Aschen- und Wassergehalt immer mehr ab, so daß für 25 vH Luftüberschuß bei etwa 70 vH Asche und Wasser die Linie des Luftbedarfs und der Rauchgasmenge fast gerade ist. Die Linien sind nach den gashaltigen Brennstoffen zu etwas geneigt. Der ausgleichende Einfluß des Aschen- und Wassergehaltes ist deutlich erkennbar. Nur bei Rohbraunkohlen mit bis zu 60 vH ist dessen Einfluß wesentlich auf die Rauchgasmenge.

Die Verbrennung der flüchtigen Bestandteile.

Die Brennzeit und Vollkommenheit der Verbrennung des Gases wird beeinflußt durch

1. die Brenngeschwindigkeit des Gases,
2. „ Verbrennungstemperatur,
3. „ Lufttemperatur,
4. den Luftüberschuß,
5. „ Sauerstoffgehalt der Luft,
6. die Mischung mit der Luft,
7. „ Form und Größe des Zündgewölbes und
8. die Form und Größe des Feuerraumes.

Als Verbrennungstemperatur kommt in erster Linie die des Gases in Frage, da unter dem Zündgewölbe der auf dem Rost lagernde Kohlenstoff in der Regel noch nicht in voller Glut, also noch nicht auf höchster Temperatur ist. Die Verbrennungstemperaturen der in den festen Brennstoffen enthaltenen Gase sind außerordentlich verschieden, je nach dem Gehalt der Kohle an flüchtigen Bestandteilen, dem Luftüberschuß und dem Wassergehalt. Der Aschengehalt hat hierauf keinen Einfluß. Die Zahlen der Zahlentafel 1 und die Linienzüge von Abb. 7 stellen die theoretischen Temperaturen dar. Es geht daraus wiederum hervor, daß die Verbrennungstemperaturen bei den Kohlen mittleren Gasgehalts von 15 bis 25 vH am höchsten sind, sie fallen von da nach beiden Seiten gleichmäßig ab, senken sich aber naturgemäß bei gashaltigen Kohlen tiefer und liegen bei Braunkohle (Reinkohle) etwa 150 °C tiefer als bei Fettkohle. Mit steigendem Luftüberschuß ist die Absenkung der Temperatur ziemlich gleichmäßig, jedoch wirkt auch hier der Luftüberschuß ausgleichend insofern, als der Abstand der Linien mit zunehmendem Luftüberschuß geringer wird.

Von größter Bedeutung ist der Wassergehalt des Brennstoffes. Die Wirkung macht sich natürlich bei sehr großem Gasgehalt weniger stark bemerkbar, so daß die Braunkohle trotz ihres hohen Wassergehaltes noch verhältnismäßig hohe Temperaturen ergibt. Bei den gasarmen Brennstoffen, der Magerkohle und der Anthrazitkohle, tritt jedoch eine so plötzliche Absenkung der Temperaturkurve ein, daß schon bei verhältnismäßig niedrigen Wassergehalten der Kohle die Zündtemperatur unterschritten wird. Diese Erscheinung ist der Grund für die geringe Zündfähigkeit und die Schwierigkeit der Unterhaltung der Verbrennung bei wasserhaltigen, mageren Brennstoffen. Es muß jedoch betont werden, daß die Verbrennungstemperaturen des Gases nicht allein die Temperatur des Zündgewölbes bestimmen. Auch die Rückstrahlung der glühenden Koksschicht übt darauf einen Einfluß aus, der nach der Dichte des Flammenschleiers mehr oder weniger groß ist. Bei mageren Brennstoffen wird der Einfluß der Koksrückstrahlung größer sein und dadurch der ungünstige Einfluß des Wassergehalts gemildert werden.

Es ist auch auf die bekannte Erscheinung hinzuweisen, daß ein gewisser Wassergehalt auch der mageren

Brennstoffe (schätzungsweise 10 bis 12 vH) auf die Verbrennung günstig einwirkt. Die Ursache dieser Erscheinung ist noch nicht aufgeklärt, vermutlich liegt sie in der katalytischen Wirkung des Wasserdampfes.

Die gute Mischung des Gases mit der Verbrennungsluft läßt sich in vollkommener Weise im Feuerraum nicht erreichen; zwar tritt die Verbrennungsluft durch die zahllosen Kanäle des Rostbettes fein verteilt in den Feuerraum hinein, aber doch immerhin nur von einer Seite her, und da die Verbrennungsluft schwerer ist als die Gase und beide sofort unter die Einwirkung des Schornsteinzuges treten, so besteht immerhin die Gefahr der Schichtung nach dem spezifischen Gewicht innerhalb des Feuerraums. Bei allen chemischen Vorgängen werden nach Möglichkeit zur Förderung des chemischen Prozesses Einbauten oder Rührwerke angebracht, die sich aber aus naheliegenden Gründen bei den Feuerungen nicht verwenden lassen. Es liegt aber nahe, auch bei den Rostfeuerungen ähnlich zu verfahren wie bei den Kohlenstaubfeuerungen, d. h. durch Anwendung der Zweitluftzuführung die erwünschte Wirbelbildung und Durchmischung im Feuerraum herbeizuführen. Dieser Kunstgriff läßt sich aber nur im beschränkten Maß anwenden, weil im gleichen Umfange, wie die Oberluft zugeführt wird, die Unterwindzuführung verringert und dadurch auch die Brenngeschwindigkeit der Kohle auf dem Rost verringert wird.

Die Oberluftzuführung wird daher bei Wanderrosten und Stokerbetrieb nur in besonderen Fällen anzuwenden sein. In erster Linie kommt sie in Frage für sehr gashaltige Brennstoffe, die außerdem mit hoher Kohlenschicht gefahren werden, so daß unter Umständen in der Brennschicht Kohlenoxydbildung auftritt und damit auch eine Vermehrung der brennbaren Gase, wie es z. B. beim Vesuviorost der Fall ist. Um die schädliche Wirkung verminderter Unterwindzufuhr zu vermeiden, kann man bei Wanderrosten die Windzuführung im ersten Rostteil, der Entgasungszone, absperren. Sie stört hier ja sogar die Zündung der Koksrückstände, der sie räumlich entgegenwirkt. Statt dessen könnte dieselbe Luftmenge möglichst hoch vorgewärmt von oben auf die Rostbahn geblasen werden. Sie würde dort eine kräftige Durchwirbelung der Gase bewirken und deren Verbrennung wesentlich beschleunigen können. Die Wirkung würde durch Vorwärmung der Verbrennungsluft noch erhöht werden. Bis zu einem gewissen Grade kann auch die Gewölbeform die Mischung begünstigen, indem man dem Gewölbe rückkehrende Neigung gibt und damit die Gase zusammenzwängt. Diese Maßnahme läßt sich aber nur anwenden bei sehr mageren oder minderwertigen Brennstoffen. Auch kann man das Zündgewölbe und das Schlackengewölbe nahe aneinander rücken, wie es neuerdings in Amerika geschieht, begibt sich aber damit der Möglichkeit, die Strahlung in vollem Maß auszunutzen. Auch besteht die Gefahr, daß wegen der verminderten Abstrahlung die Temperatur auf dem Rost zu hoch wird und durch die fließende Schlacke die Roststäbe angegriffen werden. Dieser Kunstgriff dürfte daher nur von bedingtem Wert sein.

Feuerraumleistung.

Die restlose Verbrennung der Gase im Feuerraum ist mit allen Mitteln zu erstreben. Keinesfalls dürfen Gase unverbrannt die Heizflächen der Dampfkessel bestreichen, da alsdann eine so starke Abkühlung stattfindet, daß die Gefahr des Auftretens unverbrannter Gase entsteht. Wie wichtig dieser Hinweis ist, beweisen die Beobachtungen sogar an neuesten Feuerungen, wobei Nachverbrennungen noch im Überhitzer und sogar am Ende des Kessels im Fuchs beobachtet werden konnten. Außerdem treten bei nicht beendetem Ausbrand der Gase die bekannten Ansinterungen der Flugasche an den Heizflächen auf. Bei der Größenbemessung der Feuerräume wird man sich weder nach der Rostgröße noch nach der Heizfläche richten können. Maßgebend wird vielmehr die Gasmenge oder, noch genauer ausgedrückt, die Wärmeleistung der entwickelten Gase sein. Sehr anschaulich wird die Feuerraumbelastung durch Verbrennung der flüchtigen Bestandteile durch Abb. 8 dargestellt, worin in der Wagerechten der Gehalt der Kohle an flüchtigen Bestandteilen, in der Senkrechten die stündliche Wärmeleistung, bezogen auf 1 m³ Feuerraum, aufgetragen ist.

Abb. 8. Feuerraum und Rostbelastung.

a Rostbelastung durch Verbrennung von festem C
b Feuerraumbelastung durch Verbrennung von flüchtigen Bestandteilen
∘ X genaue Versuchspunkte
● ● durch Brennstoffanalyse ergänzt.

Es ergibt sich eine fast gerade Linie von der Magerkohle bis zur Braunkohle. Demnach ist die bei den heutigen Ausführungen übliche Feuerraumbelastung bei Fettkohle etwa doppelt so hoch wie bei Magerkohle und bei Braunkohle wieder etwa doppelt so hoch wie bei Fettkohle. Es geht hieraus hervor, daß die Feuerungsfabriken bei der Bauart ihrer Feuerungen auf die besondern Eigenschaften der Kohle bisher wenig Rücksicht genommen haben. Nimmt man gleiche Brenngeschwindigkeiten der Gase an, so müßte die Belastung für 1 m³ Feuerraum für alle Brennstoffe gleich sein. Nun ist der Heizwert, wahrscheinlich aber auch die Brenngeschwindigkeit der aus Magerkohle entwickelten Gase wegen des größeren Wasserstoffgehaltes höher, demnach wahrscheinlich auch die Wärmeleistung je m³ bei Magerkohlen höher als bei gashaltigen Kohlen.

Der Nachweis hierfür ist jedoch nicht erbracht, und es sei daher vorsichtigerweise angenommen, daß die Belastungsfähigkeit des Feuerraumes von der Magerkohle zur Braunkohle hin eine Steigerung erfahren kann. Zu dieser Annahme berechtigt die Erscheinung, daß der Feuerraum bei der üblichen Bauart für die Verbrennung der Gase nicht voll ausgenutzt wird. Die Feuergase ziehen vielmehr in einem mehr oder weniger breiten Bande am Zündgewölbe entlang zur Heizfläche. Das Band wird bei Gaskohlen breiter sein und daher den Feuerraum besser ausfüllen als bei Magerkohlen. Man müßte daher eigentlich unterscheiden zwischen Gesamtfeuerraum und wirksamem Feuerraum, worunter das Produkt aus dem Querschnitt des Flammenbandes und der Flammenlänge zu verstehen wäre. Da der Querschnitt der Flamme aber eine nicht bestimmbare Größe ist, so bleibt vorläufig nichts andres übrig, als die Flammenlänge zu berechnen, und zwar aus der Belastungsfähigkeit des Gesamtfeuerraumes. Daraus läßt sich die Höhe des Feuerraums bzw. der Abstand der Rostbahn von der Heizfläche bestimmen.

Bei der üblichen Ausführung der Feuerräume wird man für die gashaltigen Brennstoffe mit erheblich niedrigeren Belastungsziffern rechnen müssen, als sich aus Abb. 8 ergeben, wegen der erwähnten Nachverbrennungserscheinungen in neueren Feuerungen bei gashaltiger Kohle.

Rechnet man mit einer stündlichen Feuerraumbelastung von 100 000 bis 200 000 kcal/m³, so errechnen sich folgende mittleren Abstände der Rostbahn von der Heizfläche:

1. bei der Magerkohle . . . 1,6 bis 2,2 m
2. „ „ Fettkohle . . . . 2,9 „ 3,1 „
3. „ „ Gasflammkohle . . 3,4 „ 3,7 „
4. „ Braunkohlenbriketts . . 2,6 „ 3,3 „

Die Richtigkeit dieser Zahlen wäre natürlich durch Versuche nachzuprüfen. Man erkennt hieraus, daß für Gasflammkohlen die Höhe des Feuerraumes bereits die Höhe des Schrägrohrkessels erreicht. Es ergeben sich weit höhere Bauhöhen, als bisher üblich sind, die bei Steilrohrkesseln besonders schwer ins Gewicht fallen, weil bei diesen der Abstand des Rostes von der Heizfläche nur bis zum tiefsten Punkt des ersten Rohrbündels gerechnet werden darf, nicht bis zur Mittelebene.

Zum Vergleich seien die stündlichen Feuerraumbelastungen neuzeitlicher Koksofengas-Feuerungen herangezogen, wobei 3 bis 4 Mill. kcal/m³ erreicht werden. Sie betragen also ein Vielfaches der für die Feuerräume der Wanderroste gefundenen Werte, wobei es sich um dasselbe Gas handelt wie bei Rostfeuerungen, die mit Fettkohle arbeiten. Diese erstaunlichen Leistungen werden in erster Linie durch innige Mischung des Gases mit der Luft erzielt. Die Flammenlänge beträgt bei neueren Gasbrennern nur noch 1 bis 1,5 m, während sie bei den Rostfeuerungen üblicher Bauart 4 bis 7 m beträgt. Es ist zuzugeben, daß die Verhältnisse bei der Gasfeuerung erheblich einfacher liegen. Das Gas braucht nicht entwickelt zu werden, es ist vorhanden und wird im Brenner oder vorher innig vermischt und so unter günstigen Bedingungen in den Feuerraum befördert. Aber gerade die zielsichere Entwicklung der Brennerbauart beweist, welche Erfolge auf diese Weise zu erzielen sind; betrugen doch bei den Brennern älterer Bauart die stündlichen Feuerraumbelastungen etwa 0,5 bis 1 Mill. kcal/m³, also nur einen Bruchteil der heutigen.

Die Feuerungsfabriken sollten daher der Erhöhung der Brenngeschwindigkeit der Gase bei den Rostfeuerungen ihre Aufmerksamkeit zuwenden, um dadurch die Feuerräume zu verkleinern und die Anlagekosten zu verbilligen.

Im Zusammenhang damit ist die Strahlung der Gase zu erwähnen, über die zuerst Schack berichtet hat[1]). Von den in den Feuerungen enthaltenen Gasen kommen hierfür nur in Frage die Kohlensäure und der Wasserdampf. Die Stärke der Strahlung richtet sich nach dem Gehalt der Feuergase an strahlenden Gasen, deren Temperatur und der Strahlungsdauer. Bei den in Frage kommenden Gehalten unsrer Rauchgase an strahlenden Gasen können schon sehr erhebliche Wirkungen auftreten. Sie werden um so größer sein, je mehr Kohlensäure und Wasserdampf sie enthalten, d. h. je geringer der Luftüberschuß, je höher der Wasserstoff- bzw. Wassergehalt des Brennstoffes ist. Schack gibt an, daß in Wirklichkeit oft die Wärmeübergangszahl bei Öfen und Kesseln das Achtfache der nach den bisher bekannten Verfahren und Formeln errechnet ist, was nur durch die Gasstrahlung erklärt werden kann. Die Gasstrahlung tritt allerdings in nennenswertem Maße nur bei höheren Temperaturen als 800 °C auf, wie sie aber im Feuerraum stets vorhanden sind.

Die Abhängigkeit der Gasstrahlung von der Zeit führt zur Anwendung großer Feuerräume mit großen Querschnitten und geringen Gasgeschwindigkeiten, verteuert also die Anlagekosten. Da aber die Gasstrahlung in ihrer Wirkung gegen die Strahlung des Feuers und der leuchtenden Flamme zurücktritt, so wird man bei Wasserrohrkesseln die Feuerräume doch in erster Linie nach Gesichtspunkten bauen, die eine bessere Strahlung des Feuers und der Flamme sichern und die Verbrennung fördern.

Erwähnt sei noch, daß die Gasstrahlung wegen ihrer starken, die Temperatur verringernden Wirkung günstig auf die Haltbarkeit des Mauerwerkes einwirkt.

In Amerika war man bereits eher dazu übergegangen, den Abstand der Heizfläche vom Rost zu vergrößern und hatte sogar Abstände bis zu 6 m eingeführt. Dieser außerordentlich große Abstand erklärt sich wohl dadurch, daß in Amerika auch hochwertige und gasreiche Kohlen mit Unterwind verfeuert werden. Daher ist die entwickelte Gasmenge größer als bei natürlichem Zug. Neuerdings soll aber auch in Amerika das Bestreben herrschen, die Feuerräume wieder kleiner zu machen. (Schluß folgt.)

[B 524]

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1017.

Die Fernheizanlage des Deutschen Museums in München[1]).

Unter den Einrichtungen des Gebäudes des Deutschen Museums auf der Kohleninsel in München war gerade die Heizanlage der Ungunst der politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse am meisten unterworfen. Nachdem im Jahre 1908 durch einen Wettbewerb unter den ausschlaggebenden Firmen der heiz- und lüftungstechnischen Industrie ein guter Entwurf zustande gekommen war, wurde mit dem Bau der Anlage begonnen. Die Arbeiten mußten jedoch 1914 infolge des Kriegsausbruches eingestellt werden, und als man an die Weiterführung der Arbeiten denken konnte, stand man vollkommen veränderten Verhältnissen gegenüber. Schon dadurch, daß von den Bauplänen der Bibliotheksbau mit Ehrenhof wegfiel, wurde die Heiz- und Lüftanlage wesentlich vereinfacht. Noch in erhöhtem Maße wurde die Anlage durch ein Angebot verbilligt und vereinfacht, nach dem die Stadt München Licht, Kraft und Wärme auf 30 Jahre unentgeltlich aus dem etwa 700 m vom Deutschen Museum entfernten städtischen Elektrizitätswerk, dem Muffatwerk, liefern wollte. Die Großzügigkeit dieser Spende erhellt daraus, daß das Deutsche Museum für Licht und Kraft 400 000 kW/h, für Heizung 4½ Milliarden kcal jährlich im eigenen Betriebe verbraucht.

Diese Wärmemenge wird in der vorhandenen Kesselanlage des Muffatwerkes, die für die Stromerzeugung nicht mehr verwendet wird, erzeugt. Ihre Heizfläche ist genügend groß. Da bei der großen Entfernung der Erzeugungs- von der Verbrauchstätte nur Warmwasserheizung in Frage kam, hat man eine zentrale Warmwasser-Erzeugungsanlage eingebaut, die sowohl das Museum als auch das bereits früher mit Wärme belieferte Volksbad versorgt. Das gewählte Heizsystem hat neben der Möglichkeit der Wärmefernleitung mit nur geringem Verlust den weiteren Vorteil der einfachen zentralen Regelung der Heizwassertemperatur für sich.

Das Heizwasser wird mittels Maschinenabdampfes in einem (von J. A. Maffei, München, kostenlos gelieferten) Oberflächenkondensator von rd. 200 m² Heizfläche auf ungefähr 40 bis 80 °C, je nach dem Wärmebedarf des Museums, erwärmt. Für ganz strenge Kälte, wenn eine Wassertemperatur von 80 °C nicht zur Heizung der Museumsräume ausreicht, sind im Muffatwerk zwei Gegenstromwärmer aufgestellt, in denen die Temperatur des Heizwassers durch Frischdampf auf 90 °C erhöht werden kann. Das Wasser wird dann durch eine der drei nach Größe abgestuften Schleuderpumpen umgewälzt und durch die Vorlaufleitung, die 203 mm äußeren Dmr. hat, mit rd. 1,25 m/s mittlerer Wassergeschwindigkeit den Heizkörpern im Deutschen Museum zugeführt. Nach Vollausbau sämtlicher Anlagen beträgt die Wasserumlaufzeit etwa 19 min mit einer mittleren Wassergeschwindigkeit von 1,6 m/s. Die Fernleitungen wurden in Betonkanälen von 1 m lichter Breite und 50 cm Tiefe verlegt, die durch Betonplatten 50 bis 60 cm unter der Erdoberfläche abgedeckt wurden. Die Rohre sind zusammengeschweißt und zum Schutz gegen Wärmeverluste gut isoliert. Ausdehnungsschleifen sind ebenfalls in der Erde verlegt.

Im Reglerraum des Deutschen Museums wird das Heizwasser von zwei schmiedeisernen Verteilern in sieben Heizringe verteilt. Die Geschäftzimmer und Werkstätten können außer durch die Fernheizanlage noch durch eine koksgefeuerte Niederdruck-Warmwasser-Kesselanlage mit besondrer Umwälzanlage, die im Hause des Deutschen Museums steht, versorgt werden. Das in den Heizkörpern sich abkühlende Wasser wird gruppenweise im Reglerraum an zwei Verteilern gesammelt. Die Verteil- und Rücklaufsammelleitungen sämtlicher Gruppen sind als Ringleitungen durchgebildet, so daß die Temperatur in weitesten Grenzen geregelt werden kann.

Sämtliche Ausstellungsräume und Geschäftzimmer werden durch Radiatoren beheizt, die bei —10 °C Außentemperatur eine gleichmäßige Raumtemperatur von rd. 10 °C ermöglichen. Die Mittelhalle und die anschließenden beiden Seitenhallen werden neben der Heizung durch Radiatoren noch mit besonderen Luftheizapparaten (entsprechend etwa 1400 m² Radiatorenheizfläche) erwärmt. Ausgezeichnete Meßvorrichtungen gestatten, die Temperatur in allen Räumen und den Gesamtwärmeverbrauch von einem Raum aus dauernd zu überwachen.

Im Winter 1923/24 erstmalig in Betrieb genommen, hat sich die Fernheizanlage bereits während zweier Betriebswinter unter den ungünstigsten Betriebsverhältnissen eines in der Vollendung befindlichen Neubaues bestens bewährt und gezeigt, daß sie den gestellten Bedingungen sowie den gewünschten Erwartungen in jeder Beziehung vollauf entsprechen kann. [N 684] Js.

[1]) Nach Mitteilungen der Firma Emhardt & Auer München, in der Deutschen Bauzeitung 1925 Bd. 59. Heft 37 u. 41

Abraumförderbrücken im Braunkohlentagebau.

Von Oberingenieur W. Ries, Leipzig.

Die wachsenden Schwierigkeiten im Braunkohlentagebau durch die Verschlechterung der Deckgebirgsverhältnisse — Neues Abraumverfahren mittels Förderbrücken — Die bergtechnischen und konstruktiven Grundlagen der Aufgabe werden erörtert und an der Hand der ersten Ausführung durch Beispiele erläutert — Die hohe Wirtschaftlichkeit des Förderbrückenbetriebes wird begründet und durch die Betriebsergebnisse der ersten Anlage belegt.

Abraumförderbrücke in den Plessaer Braunkohlenwerken in Plessa bei Elsterwerda.

Aufgaben des Braunkohlentagebaues.

Nach dem Jahresberichte des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins für das Jahr 1923/24 hat sich in der Zeit von 1913 bis 1923 gemäß einer Umfrage bei ungefähr 60 Tagebauwerken das Verhältnis von Kohle zu Deckgebirge von 1 : 1,15 auf 1 : 1,84 verschoben, was eine Verschlechterung der Deckgebirgsverhältnisse von rd. 60 vH binnen 10 Betriebsjahren bedeutet. Dabei ist zu erwarten, daß diese Verschlechterung weiterhin fortschreiten und sich wahrscheinlich sogar das Zeitmaß der Verschlechterung von Jahr zu Jahr beschleunigen wird. Während bei den ursprünglichen Hilfsmitteln des Tagebaubetriebes eine Überlagerung von 1 : 1 als Höchstwert des Verhältnisses angesehen wurde, wobei sich die Kohlengewinnung im Tagebau noch lohnte, wird man in nicht allzuferner Zeit gezwungen sein, auch Flöze mit einer Überdeckung von 3 : 1 und 4 : 1 im Tagebau zu gewinnen oder auf die Vorteile des Tagebaues zu verzichten. Vervollkommnung und Weiterentwicklung der technischen Betriebsmittel ist deshalb eine dringende Notwendigkeit, da man sich von der von manchen Seiten in den Vordergrund gestellten Leistungssteigerung durch betriebswirtschaftliche Maßnahmen, wie Normung, Arbeitsteilung, Menschenwirtschaft und dergl., im Braunkohlenbetriebe wohl nicht mehr allzuviel versprechen kann.

Eine Neuerung gegenüber dem üblichen Abraumverfahren brachte im vorigen Jahre die in den Plessaer Braunkohlenwerken in Plessa bei Elsterwerda in Betrieb genommene erste

Abraumförderbrücke,

die auf Grund jahrelanger Forschung nach den Entwürfen der Allgemeinen Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H. (ATG) in Leipzig gebaut worden ist. Sie stellt die Verwirklichung eines seit vielen Jahren in den Fachkreisen erwogenen und hinsichtlich der Ausführungsmöglichkeit immer wieder bestrittenen Planes dar. Bei einigermaßen wagerechter Ablagerung der Flöze besteht nämlich die Möglichkeit, den ganzen Kohlenbetrieb durch eine längs der Baggerstraße verfahrbare Brücke zu überspannen, die sich einerseits auf das Deckgebirge, anderseits auf die gegenüberliegende Abraumhalde stützt. Im Titelbild und in Abb. 1 ist die nach dieser Anordnung gebaute Abraumförderbrücke in Plessa dargestellt. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, fährt die Brücke auf einer Seite neben einem normalen Abraumbagger und auf gleichem Gleis mit diesem; auf der Haldenseite liegt die Gleisanlage auf einer Zwischenberme der Abraumhalde. Das vom Bagger gewonnene Material wird durch einen besonderen Querförderer auf die Brücke geleitet, Abb. 2, von der in die Brücke eingebauten Förderanlage nach der Haldenseite gefördert und teils vor, teils hinter der Stütze in geeigneter Weise verstürzt. Das Feld wird hierbei im Sinne der Längsachse der Brücke abgebaut. Der durch den Abraumbagger vom Deckgebirge spanweise weggeschnittene Boden wird sinngemäß auf der Haldenseite wieder aufgeschüttet.

Ausführung der Förderbrücke.

So einfach und selbstverständlich diese Lösung erscheint, so schwierig war sie durchzuführen im Hinblick auf die besondren Verhältnisse des Tagebaubetriebes. Grundbedingung für den Bau solcher Abraumförderbrücken war die Möglichkeit, den Brücken so große Spannweiten zu geben, daß den berechtigten Forderungen des Bergbaues hinsichtlich eines mehrmonatlichen Kohlenvorrates im Falle der Einstellung des Abraumbetriebes Rechnung getragen wird. Rechnet man mit einem Kohlenvorrat von 4 bis 6 Monaten, der auch mit Rücksicht auf das Austrocknen der Kohle zweckmäßig ist, so ergeben sich bei normalen Verhältnissen Brückenspannweiten von 120 bis 150 m, die natürlich ein hohes Eigengewicht der Brücken zur Folge haben. Hieraus folgen verhältnismäßig hohe Stützdrücke, die je nach der Ausführung der Brücken 200 bis 600 t auf jeder Stützseite betragen können. Die Möglichkeit, diese Stützdrücke überhaupt zuzulassen, hängt nun von der Art und Tragfähigkeit des Deckgebirges in hohem Maß ab. Bei der in Abb. 1 dargestellten Anlage Plessa mit 125 m Spannweite und 25 m Auslegerlänge beträgt der Stützdruck auf der Baggerseite beispielsweise 250 t. Da Bagger von diesem Gewicht bereits mehrfach im Betrieb sind, bietet dieser Stützdruck nichts Neues. Anders liegen dagegen die Verhältnisse auf der Haldenseite. Es besteht hier zunächst die Möglichkeit, das Fahrgleis auf einem Arbeits-Zwischenplanum der Kohle, also auf gewachsenem, sehr tragfähigem Boden zu verlegen; doch setzt dies eine gewisse Mächtigkeit des Flözes voraus, weil sich sonst dessen Abtragung in zwei Schnitten nicht lohnt; außerdem geht der zwischen dem

Abb. 1. Braunkohlentagebau in Plessa mit Abraumförderbrücke, vom Flugzeug aus gesehen.

Abb. 2. Abraumförderbrücke mit besonderem Querförderer.

Brückenfahrwerk und der Halde liegende Flözstreifen für die Kohlenreserve verloren, ganz abgesehen davon, daß die Anordnung sehr lange Ausleger, unter Umständen bis zu 100 m, erfordert.

Für die Verlegung des haldenseitigen Gleises kommt weiterhin das freigelegte Liegende in Betracht; in den allermeisten Fällen scheidet dies jedoch wegen seiner unregelmäßigen und meist welligen Ablagerung aus. (Eine Ausnahme bildet beispielsweise die in Abb. 13 dargestellte Anlage, bei der das Liegende fast eben ist.) Es besteht also in den meisten Fällen nur die Möglichkeit, die Gleisanlage auf der Halde selbst zu verlegen. Dies geschieht am besten dadurch, daß die Halde durch einen wagerechten Einschnitt unterteilt und dieser in der zur Aufnahme der Gleise erforderlichen ebenen Form ausgeführt wird. Hierbei kann dieses Gleisplanum dadurch geschaffen werden, daß vor dem haldenseitigen Stützwerk der Brücke soviel Material abgezogen wird, als zur beabsichtigten Höhe des Planums erforderlich ist, während der Rest des Materials über die Stütze hinweg auf Hochkippe geht. Dabei ist es eine von Fall zu Fall zu entscheidende Zweckmäßigkeitsfrage, in welcher Höhe dieses Gleisplanum erzeugt wird. Legt man die Gleise ungefähr in Höhe der Haldenoberfläche, so kann man zwar die Brückenstütze sparen, muß aber, abgesehen von einer größeren Brückenspannweite, die erhöhte Rutschgefahr sowohl für die Halde als auch für die Brücke in Kauf nehmen. Ordnet man dagegen, wie dies im Falle Plessa ausgeführt wurde, die Fahrgleisebene so tief an, wie es die höchsten Erhebungen des Liegenden gestatten, so wird der Abraum durch den rd. 20 m tiefen Sturz erfahrungsgemäß sehr fest geschlagen und damit die Standsicherheit des die Gleise tragenden Haldenteiles wesentlich erhöht; dafür erfordert die Stütze einen gewissen Mehraufwand an Baustoff, und es ergeben sich erhöhte Schwierigkeiten im Hinblick auf die Windkräfte.

In beiden Fällen liegt die gesamte Gleisanlage der Haldenseite auf kurze Zeit vorher geschüttetem Boden, der den Gesamtstützdruck, der z. B. bei der Anlage in Plessa auf dieser Seite 350 t beträgt, in genügend betriebsicherer Weise aufzunehmen hat. Zu diesem Zwecke wurde das Fahrwerk der genannten Anlage, die in Abb. 3 und 4 dargestellt ist, 30 m lang ausgeführt und mit 32 Laufrädern versehen. Hierdurch wurde erreicht, daß der Flächendruck auf den Boden bei den im Bergbau üblichen Schwellenabmessungen in der zulässigen Grenze von etwa 1 kg/cm² blieb. Da das Deckgebirge in Plessa aus gutartigem Sand besteht, so ergab sich dort, daß die Halde genügende innere Festigkeit aufweist, um den Stützdruck in genügend betriebsicherer Weise aufzunehmen. Wie weit dies bei anders gearteten Deckgebirgen, z. B. Ton, Letten und dergl., zutrifft, wird in jedem einzelnen Falle Gegenstand sorgfältigster Erwägungen sein müssen, da dieser Punkt für die Sicherheit des Bauwerkes von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Immerhin, eine unbedingte Sicherheit besteht weder auf der Baggerseite noch auf der Haldenseite, wie das gelegentliche Abrutschen der Abraumbagger und Absetzapparate beweist. Es muß also in jedem Falle die Brücke so bemessen werden, daß in einem solchen Falle höherer Gewalt der Träger nicht zusammenbricht. So unerwünscht die hierdurch sich ergebenden Mehrgewichte, die ja ihrerseits selbst wieder den Keim zu einer weiteren Erhöhung der oben geschilderten Schwierigkeiten in sich tragen, auch sind, so gefährlich und kurzsichtig wäre es, die Abrutschgefahr der Böschungen zu vernachlässigen und für die Berechung des Trägers einfach die unbedingte Standsicherheit der Böschungen vorauszusetzen, um den Träger leicht bauen zu können und dadurch das Anlagekapital nach Möglichkeit zu vermindern.

Eine besondre Schwierigkeit für den Förderbrückenbetrieb liegt darin, daß bei dem großen Abstande der Fahrgleise die Gleisentfernungen niemals genau eingehalten werden können, weil die Brücke dem Abbau des Feldes entsprechend dauernd verschoben werden muß, was durch Rücken der Fahrgleise mit Hilfe von Gleisrückmaschinen bewerkstelligt wird. Die durch Einschaltung von Pendelstützen möglicherweise erreichbaren Stützweitenänderungen, wie bei normalen Verladebrücken vielfach ausgeführt, genügen keinesfalls. Es ist vielmehr erforderlich, daß sich die Stützweiten zwanglos um mehrere Meter verändern können. Es ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, auf der einen oder andern Seite der Brücke den Brückenträger auf den Unterwagen längs verschiebbar zu lagern. Bei der Anlage in Plessa wurde z. B. die haldenseitige Stütze mit einer unteren Schlittenführung versehen, die Stützweitenänderungen bis zu 7 m gestattet.

Der wechselnden Ablagerung des Deckgebirges und des Flözes entsprechend, werden nun während des Betriebes die beiderseitigen Gleise der Abraumförderbrücke die verschiedensten Lagen zueinander einnehmen. Es wird vorkommen, daß beispielsweise die Brücke mit Rücksicht auf einen zweckmäßigen Aufbau der Berme an dieser Seite im Gefälle fahren muß, während gleichzeitig an der Baggerseite die Gleise in einer Steigung liegen, so daß also die beiden Gleisebenen gegeneinander verwunden sind. Des weiteren wird sich der Höhenunterschied der beiden Fahrgleise zueinander während des Betriebes dauernd ändern, das heißt, die Brücke wird je nach den Ablagerverhältnissen in verschiedenen Betriebszeiten entweder nach der Bagger- oder nach der Haldenseite mehr oder weniger geneigt stehen. Abb. 5 bis 8 zeigen Schnitte durch die Ablagerung eines mitteldeutschen Braunkohlenvorkommens und die hierbei notwendigen verschiedenen Neigungen der Brücke.

Auch ein Schrägstellen der Brücke gegen die beiden Strossenkanten wird im Betrieb unbedingt notwendig werden. Liegt die Markscheide parallel zur Abbaurichtung, so werden häufig die Baggerstrossen senkrecht zur Markscheide liegen. Auf der einen Seite, der Baggerseite, wird der Bagger mit der Brücke so weit fahren müssen, wie es die Ausnutzung des Feldes verlangt. Auf der gegenüberliegenden Haldenseite kann dagegen, wie Abb. 9 zeigt, die Brücke mit Rücksicht auf die vorhandenen Böschungen und die verhältnismäßig große Länge des Fahrwerkes nicht so weit folgen, daß eine parallele Lage der Brückenachse zur Markscheide noch möglich ist, oder mit andern Worten: die Brücke muß sich in den Endlagen stark schräg einstellen. Noch ungünstiger werden unter Umständen die Verhältnisse, wenn, wie in Abb. 9 ebenfalls dargestellt, die Markscheide bereits in einem spitzen Winkel zur Abraumstrosse liegt.

Aus vorstehenden Erwägungen heraus ergibt sich nun die Notwendigkeit, Abraumförderbrücken nach allen Raumrichtungen hin beweglich auf den Unterwagen und außerdem auf dem Unterwagen der einen Seite noch in weiteren Grenzen längs verschiebbar anzuordnen. Die Raumbeweglichkeit erfordert jedoch eine Dreipunktabstützung des ganzen Brückenkörpers auf den Unterwagen, was wiederum eine Vergrößerung des Trägergewichtes mit Rücksicht auf die durch Wind, einseitige Belastung und dergl. auftretenden Verdrehungsbeanspruchungen des Brückenkörpers bedingt und eine weitere Erhöhung der oben geschilderten Schwierigkeiten bezüglich der Stützdrücke bedeutet. Immerhin ist diese unbedingte Raumbeweglichkeit für den Abraumbetrieb unerläßlich. Sie wurde bei der ersten Anlage in Plessa durchgeführt, indem der Brückenträger auf der Baggerseite in einer einzigen großen Kugel, auf der Haldenseite in zwei Zapfen abgestützt wurde, eine Anordnung, die sich, ebenso wie die Schlittenführung an der Haldenseite, im Betrieb ausgezeichnet bewährt hat.

Bei der Verteilung der Stützdrücke auf die zahlreichen Laufräder ist natürlich dafür Sorge zu tragen, daß sich die Drücke in einwandfreier Weise auf sämtliche Räder verteilen, da auch innerhalb der Fahrwerke bei deren Länge größere Unterschiede in der Gleislage auftreten. Es ist auch zu beachten, daß die Fahrwerke durch scharfe Gleiskrümmungen fahren müssen, damit der Abbau den Veränderungen der Markscheide nach Möglichkeit folgen kann. In Abb. 10 ist die Überführung der Brücke in Plessa aus der Aufbaustellung in die normale Arbeitstellung dargestellt. Die hierbei notwendigen Krümmungen, die besonders aus Abb. 11 ersichtlich sind, konnten ohne Schwierigkeit durchfahren werden. Abb. 11 läßt auch die Verschiebbarkeit des Schlittens auf den Unterwagen, die Schrägstellung der Brücke zur Fahrgleisrichtung und die starke Neigung der Brücke nach der Haldenseite hin erkennen.

Beim Fahren der Brücke in die Endlagen ist zu beachten, daß das von dem Bagger bei feststehender Haldenstütze gewonnene Material eine Anstauung an der Haldenseite bewirken würde. Um dem entgegenzutreten, trifft man zweckmäßig die Einrichtung, daß von einer bestimmten Fahrstellung aus das haldenseitige Fahrwerk gegenüber dem baggerseitigen Fahrwerk verzögert arbeitet, so daß also die Brücke an

Abb. 3 und 4. Fahrwerk auf der Haldenseite.

Abb. 5 bis 8. Neigungen der Brücke gegen die Wagerechte.

Abb. 9. Lage der Brücke an den Strossenenden.

Abb. 10. Überführung der Brücke aus der Aufbau- in die Arbeitsstellung.

den Enden des Tagebaues möglichst bereits in Schräglage ankommt und somit das gesamte während der Fahrt vom Bagger gewonnene Abraumgut auf die verhältnismäßig kürzere Halde verteilt wird. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, die beiderseitigen Brückenfahrwerke nicht nur getrennt, sondern auch mit verschiedenen Geschwindigkeiten arbeiten zu lassen. Der Betrieb bringt es häufig sogar mit sich, daß die Fahrwerke gleichzeitig nach verschiedenen Richtungen hin arbeiten, selbstverständlich in den durch die Länge der Schlittenführung gegebenen Grenzen. Die Fahrmotoren werden zweckmäßig von je einem Führerstand an der Bagger- und an der Haldenseite aus gesteuert, wobei für entsprechende Verständigung der Führer, am besten durch Lautfernsprecher oder dergl., zu sorgen ist.

Sind die Deckgebirge im Verhältnis zum Flöz stärker, so daß man mit den heute üblichen Baggern nicht mehr in einem Schnitt abräumen kann, so besteht zunächst die Möglichkeit, die Baggereinrichtung in die Brücke selbst einzubauen und die die Eimerkette tragende Eimerleiter am Brückenträger in der denkbar zweckmäßigsten Weise aufzuhängen. Diese Anordnung hat vor allem den Vorteil, daß die Schnitttiefe der Eimerleiter dann lediglich von der Beanspruchung der Eimerkettenschaken bzw. von der Beobachtungsmöglichkeit der Eimerleiter während des Betriebes abhängt. Bei den normalen Abraumbaggern ist die Grenze für die Eimerleiterlänge vor allem durch die Kippgefahr der Bagger gegeben, da deren Standfestigkeit im Hinblick auf die im Bergbau noch zweckmäßigen Schwellenlängen von 5 bis 6 m beschränkt ist. Dieser Gesichtspunkt scheidet bei der Anhängung der Eimerleiter an der Abraumförderbrücke usw. aus, wobei naturgemäß auch das Gegengewicht des Baggers in Fortfall kommt; außerdem fällt hierbei das gesamte besondre Baggerfahrwerk und der Verbindungsförderer zwischen Bagger und Brücke fort, der erfahrungsgemäß eine Quelle unliebsamer Betriebsstörungen bildet. Abb. 12 zeigt eine solche Abraumförderbrücke mit eingehängter Baggereinrichtung. Ein besondrer Vorteil dieser Bauart liegt auch darin, daß es dabei möglich ist, die Fahrgleise in größerem Abstande von der Böschungskante zu verlegen und dadurch die Standsicherheit der Böschung wesentlich zu erhöhen. Es ist hier ferner möglich, Deckgebirge bis etwa 25 m Mächtigkeit in einem Schnitt zu gewinnen, statt wie bisher in zwei bis drei Schnitten. Durch die Zusammenlegung von zwei oder drei Baggerbetrieben in einen einzigen Baggerbetrieb können natürlich erhebliche Ersparnisse an Material, Strom und Arbeitskräften erzielt werden.

Man wird jedoch in Zukunft gezwungen sein, Deckgebirge von noch größerer Mächtigkeit im Tagebau abzuräumen. In diesem Falle wird man dem Brückenbetrieb einen Hochbagger vorausgehen lassen und das durch diesen gewonnene Material durch eine allseitig bewegliche Zubringebrücke der Hauptbrücke zuleiten. Die Zubringebrücke muß in diesem Fall auf der Hauptbrücke raumbeweglich gelagert und um mehrere Meter verschiebbar sein, damit die beiden Gewinngeräte zwanglos eingestellt werden können.

Die Leistung der Abraumförderbrücken kann bequem den Leistungen der zugehörigen Bagger angepaßt werden. Im allgemeinen wird man wohl dazu kommen, wie bei der Anlage in Plessa für die Förderung des Bodens über die Brücke hinweg Gurtförderer anzuordnen. Dies ist insbesondre dann möglich, wenn das Deckgebirge vorwiegend aus Sand besteht. Handelt es sich um stark steinigen Boden oder besteht das Deckgebirge vorwiegend aus Lehm, Ton, Letten und dergl., so können Gurtförderer unter Umständen nicht verwendet werden, weil sich derartiges Material erfahrungsgemäß an der Absturzstelle nicht immer willig vom Gurt ablöst, was ein starkes Verschmutzen zur Folge hat. In diesen Fällen empfiehlt sich eine Wagenförderung durch muldenförmige Kippwagen, wie sie zurzeit erstmals von der ATG für eine Förderbrückenanlage des Bruckdorf-Nietlebener Bergbau-Vereins in Halle ausgeführt wird. Die Förderung erfolgt hier durch zwei im Pendelverkehr arbeitende Wagen von rd. 7 m³ Nutzinhalt, der an der Haldenseite aus dem ungefähr schaufelförmig ausgebildeten Wagenkasten ausgekippt wird. Diese Art der Förderung hat, abgesehen von ihrem robusten Aufbau, der bei den rauhen Verhältnissen des Tagebaubetriebes nicht zu unterschätzen ist, den Vorteil, daß die Wartungs- und Instandhaltungskosten ganz wesentlich niedriger ausfallen als bei Gurtförderung, da die Gummigurte mit Baumwolleinlagen ein verhältnismäßig teures Fördermittel darstellen und die Anlage wegen der zahlreichen Schmierstellen besonders sorgfältig gewartet werden muß.

Bei Gurtförderern sollte man im allgemeinen die ganze

Förderanlage gegen Witterungseinflüsse verschalen. Die Möglichkeit, den Abraumbetrieb im Winter so lange aufrecht zu erhalten, bis das Einfrieren der Abraumböschung den Angriff der Eimer verhindert, darf durch den Förderbrückenbetrieb keinesfalls eingeschränkt werden, und die Ausbildung der Förderanlagen muß dem unter allen Umständen Rechnung tragen. Bei der Anlage in Plessa wurde aus diesem Grunde die gesamte Förderanlage mit Holz verschalt und in der Mitte des Brückenträgers eine Luftheizanlage eingebaut. Diese besteht im wesentlichen aus einem Niederdruckdampfkessel, Ventilator und Lufterhitzer. Die erwärmte Luft wird durch eine Rohrleitung nach beiden Brückenseiten hin abgeleitet; die Heizung hat sich für die Durchwärmung des Raumes bei 20° Frost noch als durchaus genügend erwiesen. Die Holzverschalung und die Heizanlage bedingen selbstverständlich eine Erhöhung des Anlagekapitals gegenüber der Wagenförderung; dagegen weist die Gurtfördereranlage den sehr erheblichen Vorzug der ihr eigenen *stetigen* Förderung auf.

Die übrigen Fördermittel, wie die verschiedenen Arten der Becherketten, Sandviken-Stahlbänder und dergleichen, kommen für den Abraum-Förderbrückenbetrieb kaum in Frage, da die erforderlichen großen Leistungen, die im allgemeinen 400 bis 750 m^3/h betragen müssen, mit diesen nicht zu erreichen sind. Welches Fördermittel für den einen oder andern Fall gewählt werden muß, ist nur auf Grund genauer Kenntnis des Deckgebirges zu entscheiden.

Was nun die *Arbeit an der Halde* betrifft, so kann die Brücke zwanglos so ausgebildet werden, daß sie den Aufbau der Halde in der denkbar zweckmäßigsten Weise besorgt. Schon die Anlage in Plessa zeigt, daß es ohne Schwierigkeit möglich ist, mit den Brücken die für die Halde zweckmäßige Berme anzuschütten, die dem Herausdrücken der unteren Haldenböschung durch das Gewicht der darüber liegenden Massen entgegenwirkt. Durch verschiedene Abstürzpunkte jenseits der Stütze könnte die Halde weiter terrassenförmig aufgebaut werden. Unter Umständen ist es sogar erwünscht, durch entsprechende ein- und ausziehbare oder schwenkbare Zusatzförderer an der Haldenseite die anfallenden Massen zweckmäßig zu verteilen. Durch die verschiedenen Abstürzpunkte ist es aber auch möglich, die Halde schichtweise aufzubauen, wie dies beispielsweise für die schon oben erwähnte Förderbrückenanlage für die Gewerkschaft des Bruckdorf-Nietlebener Bergbau-Vereins in Halle beabsichtigt ist.

Diese Anlage, Abb. 13 und 14, zeigt die vorzügliche Anpaßfähigkeit eines Förderbrückenbetriebes an die wechselnden Verhältnisse des Tagebaues. Wie ersichtlich, sind bei dieser Grube zwei Flöze, die durch ein Tonmittel von rd. 9 m Mächtigkeit getrennt sind, abzubauen. Über dem oberen Flöz liegt eine Schicht Kies und Sand. Nach Einrichtung des Brückenbetriebes wird der oberste Schnitt nach wie vor durch Züge und Lokomotiven abgefahren und auf der gegenüberliegenden Haldenseite durch einen Absetzapparat eingeebnet. Dagegen wird der zweite Schnitt, der in der Hauptsache aus Kies besteht, mittels einer Hilfsbrücke über den oberen Kohlenbetrieb hinweggeleitet. Die Hilfsbrücke stützt sich ihrerseits auf die Hauptbrücke, und zwar derart, daß sie gegen diese raumbeweglich gelagert und außerdem auf dem oberen Gurt der Hauptbrücke 5 m verfahrbar ist. Der unterste Schnitt, der das Tonmittel gewinnt, wird gleichfalls unter Zwischenschaltung eines Querförderers nach der Hauptbrücke befördert und nach der Halde gefördert. Durch die oben beschriebene Wagenförderung werden die schweren Kiesmassen des zweiten Schnittes etwa in halber Auslegerlänge abgestürzt, so daß sie, dem Abbau des Feldes entsprechend, die untere Schicht der Abraumhalde bilden werden. Die Tonmassen aus dem Zwischenmittel werden an der Auslegerspitze abgekippt und können sich infolgedessen auf den schweren Kiesmassen ablagern. Bei gemeinsamer Förderung der beiden Schnitte würde der in den Ton eingelagerte Kies unter Umständen ein Abrutschen der Haldenböschung hervorrufen; dieser Gefahr wird durch die vorerwähnte schichtweise Ablagerung entgegengetreten.

Abb. 11. Überführung der Brücke in Plessa aus der Aufbau- in die normale Arbeitsstellung; man beachte die scharfe Gleiskrümmung.

Bemerkenswert ist noch, daß ein Teil des Kieses und des Tones nicht auf die Halde geht, sondern nach wie vor zum weiteren Verkauf oder zur weiteren Verwendung in der Ziegelei durch Züge abgefahren werden muß. Zu diesem Zwecke wurde das Fahrwerk der Hauptbrücke portalartig ausgeführt; ebenso wird am Kiesbagger die Anlage auch für Zugförderung eingerichtet, so daß im weitesten Umfange wechselnder Förderbrückenbetrieb und Zugbetrieb möglich ist.

Der

Anwendungsbereich

der Abraumförderbrücken ist in der Hauptsache auf die Flöze des mitteldeutschen und Lausitzer Reviers beschränkt, wenngleich auch eine Reihe der linksrheinischen

Abb. 12. Abraumförderbrücke mit eingehängter Baggereinrichtung.

Abb. 13 und 14. Tagebau mit ATG-Abraumförderbrücke.

a Kies- und Sandschicht
b Oberes Braunkohlenflöz
c Tonmittel von rd. 9 m Mächtigkeit
d Unteres Braunkohlenflöz

Ablagerungen hierfür geeignet sind. Voraussetzung ist zunächst eine einigermaßen wagerechte Lage der Decke und des Flözes. Die Brücke wird sich überall dort als zweckmäßiges Mittel der Abraumbewegung erweisen, wo mit Rücksicht auf das Mißverhältnis zwischen Decke und Flöz die Abraumkosten den Hauptteil der Förderkosten betragen. Selbstverständlich ist auch bei günstigeren Ablagerungen, wie sie beispielsweise im Geiseltal und im Rheinland vorliegen, der Förderbrückenbetrieb anzuwenden, wobei gewisse Änderungen der oben beschriebenen Konstruktionen notwendig sind. Ob bei solchen Verhältnissen mit Rücksicht auf die allgemeinen Abbau- und Gewinnungsbedingungen das Brückenverfahren zweckmäßig ist, muß von Fall zu Fall entschieden werden.

Eine Schwierigkeit in bergtechnischer Hinsicht beim Förderbrückenbetrieb liegt in der Frage der Wasserhaltung. Die aus der Kohle, dem Deckgebirge und gegebenenfalls auch aus dem Liegenden kommenden Grundwasser sammeln sich heute bei den großen freigelegten Flächen des Liegenden meistens auf natürlichem Wege zu einem Sumpf und werden von dort durch Pumpen weggeschafft. Es ist dabei möglich, die Pumpenanlagen längere Zeit, oft jahrelang, an der gleichen Stelle zu lassen. Dieser Vorteil in bergtechnischer Hinsicht muß bei dem Förderbrückenbetrieb aufgegeben werden. Um die Stützweite der Brücke nicht allzu groß zu machen, muß man den zwischen dem Kohlenbetrieb und der Haldenböschung offenen Streifen des Liegenden so schmal wie möglich halten. Dies bedingt erfahrungsgemäß eine dauernde Verlegung der Entwässerungsgräben. Durch geeignete Aufschüttung der Halde an den Enden ist es wohl manchmal möglich, an der Abbaugrenze Gräben freizulassen und darin die Hauptwasserhaltung mit den Zuflüssen unterzubringen, so daß wenigstens diese nicht dauernd verlegt werden müssen. Durch Ansetzen von kleinen Einzelpumpen ist es ferner möglich, die in den einzelnen kleinen Mulden des Liegenden zwischen Halde und Kohlenstoß sich sammelnden Wasser über die höchsten Erhebungen des Liegenden zur Hauptwasserhaltung zu fördern, am besten unter Verwendung leicht beweglicher Pumpen und Röhren. Diese Art der Wasserhaltung ist auf den Plessaer Braunkohlenwerken durchgeführt worden und hat sich hier gut bewährt, Abb. 15; die Wassermenge ist dort allerdings verhältnismäßig gering. Bei starken Wasserzuflüssen wird das Brückenverfahren unter Umständen eine Erschwerung und Verteuerung der Wasserhaltung mit sich bringen; doch werden im allgemeinen die hierdurch entstehenden Mehraufwendungen in keinem ausschlaggebenden Verhältnis zu den großen Ersparnissen stehen, die der Förderbrückenbetrieb mit sich bringt.

Abb. 15. Fliegeraufnahme des Braunkohlentagebaues in Plessa, die die Rohrführung für die Entwässerung erkennen läßt.

Wirtschaftlichkeit des Förderbrückenbetriebes.

Für die Gewinnung der Deckgebirge ist die bei Baggern übliche Eimerkette wohl das einzige Organ, das in der Lage ist, derartig große Massen, wie sie im Bergbau in Frage kommen, mit den denkbar einfachsten und geringsten Mitteln, also in wirtschaftlicher Weise, zu bewältigen. Die von manchen Seiten vorgeschlagenen Schürfbagger eignen sich nur für geringe Leistungen und scheiden daher für die große Mehrzahl der Betriebe aus. In bezug auf den Gewinnungsvorgang wird also der Förderbrückenbetrieb keine Er-

sparnisse bringen können, nur in gewissen Fällen dadurch, daß bei Einhängung der Eimerleiter in die Brücken Deckgebirge bis zu 25 m und gegebenenfalls noch mehr in einem Schnitt gewonnen werden können, während sonst zwei oder drei Bagger mit Bedienungspersonal, Gleisstraßen und dergl. nötig wären.

Ganz erhebliche Ersparnisse werden sich jedoch in bezug auf die Förderung der Massen ergeben. Heute dienen hierzu bekanntlich fast überall Züge. Das Eigengewicht der Züge im Verhältnis zum Fördergut ist außerordentlich hoch in Anbetracht der großen Wege, die von den Abraumzügen zurückgelegt werden müssen. Die Weglänge beträgt in vielen Fällen etwa 2 bis 3 km, ja in manchen Fällen sogar bis zu 10 km. Je nach der Länge des Förderweges und der zu befördernden Bodenmassen ist eine mehr oder weniger große Zahl von Zügen nötig. Diese Geräte sowohl, als auch die Schienenanlagen unterliegen erfahrungsgemäß einem außerordentlichen Verschleiß, der in der Hauptsache durch schlechte Verlegung der Gleise und durch die starke Beanspruchung der Wagen beim Füllen und Entleeren hervorgerufen wird. Außerdem erfordert der Zugbetrieb verhältnismäßig viel Kraft. Die Lokomotiven sind etwa für 200 bis 400 PS Leistung gebaut und wirken beim Anfahren sehr ungünstig auf die Spannung des Stromnetzes. Demgegenüber kann die Förderung bei den Abraumförderbrücken, wo sie auf dem kürzesten Wege, in der kürzesten Zeit und mit dem geringsten Kraftaufwand vor sich geht, ungleich wirtschaftlicher arbeiten. Die auf der Baggerseite gewonnenen Abraummassen werden in einem einzigen Arbeitsgange von den Eimern erfaßt, auf den Gurt geworfen, über die Brücke gefördert und auf die Halde abgestürzt. Der ganze Arbeitsgang dauert kaum 2 min. Der Kraftbedarf ist verhältnismäßig gering, bei der Anlage in Plessa beispielsweise rd. 60 PS. Ebenso ist natürlich der Bedarf an Mannschaften für die Förderung nur ein Bruchteil des bei Zugbetrieb erforderlichen.

Bei der Ablagerung an der Halde wird durch die Förderbrücke eine weitere erhebliche Ersparnis erzielt. Bei der Brücke in Plessa wird z. B. die Ablagerung der Massen und der Aufbau der Halde durch den Führer an der haldenseitigen Stütze und nur einen Mann bewirkt; besondre Geräte für das Aufschütten und dergl. sind nicht nötig. So stellt die Abraumförderbrücke, besonders wenn in ihr eine Eimerleiter eingebaut ist, ein einziges Gerät dar, das nicht nur die Gewinnung, sondern auch die Förderung und Ablagerung der Deckgebirgsmassen bewerkstelligt.

Die Wirtschaftlichkeitsergebnisse des ersten Brückenbetriebes sind gelegentlich der Tagung des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins in Leipzig am 3. April 1925 durch Bergwerksdirektor von Delius in Plessa in einem Vortrage bekanntgegeben worden.

Zahlentafel 1 bringt eine Gegenüberstellung des früheren Baggerbetriebes mit dem heutigen Förderbrückenbetrieb. Wie aus der Zahlentafel zu ersehen ist, beträgt die Leistung auf den Kopf und die Schicht heute 161 m³ gegen 31,4 m³ im gleichen Betriebsabschnitt des Vorjahres mit den alten Geräten, der Lohn 2,9 gegen 13,3 ₰/m³ im Vorjahre, die Summe der Unkosten 9,2 gegen 23,3 ₰/m³. Da dem Plessaer Brückenbetrieb noch ein getrennt arbeitender Hochbagger (C-Bagger) vorausgeht, so ist in Zahlentafel 2 eine Gesamtaufstellung des Abraumbetriebes unter Einschluß dieses C-Bagger-Betriebes wiedergegeben. Hierbei ist zu bedenken, daß der C-Bagger heute infolge der geringen Abtraghöhe von rd. 2 bis 4 m verhältnismäßig unwirtschaftlich arbeitet, was aus der geringen Schichtleistung von 20,2 m³ bei dem außerordentlich günstigen Deckgebirge (Sand) hervorgeht. Aber auch unter Berücksichtigung dieses unwirtschaftlichen Zusatzbetriebes ist doch die Kopfleistung von 27,9 m³ insgesamt auf 67,7 m³ gestiegen, der Lohnanteil von 14,9 ₰ auf 6,9 ₰ und die Unkosten von 25,3 auf 14,3 ₰/m³ gefallen. Bezüglich all dieser Zahlen ist jedoch zu erwägen, daß die in Plessa erzielten Kopfleistungen keineswegs die im Förderbrückenbetrieb möglichen Höchstleistungen darstellen. Dort arbeitet nämlich mit der Brücke ein Lübecker B-Bagger mit 250 l Eimerinhalt, mit dem eine durchschnittliche Schichtleistung von 3861 m³ erzielt werden konnte; die Schichtleistung betrug beim früheren Betrieb im Mittel 1572 m³, hat sich also mehr als verdoppelt. Dies rührt daher, daß die früher notwendigen Zugpausen fortfallen, weil die Brücke das Material in stetigem Fluß abfördert; außerdem wurde, da die Förderanlage der Brücke für 500 m³/h bemessen war, die Schüttzahl des Baggers auf 27 in der Minute erhöht. Würde statt dieses Lübecker B-Baggers ein Bagger mit 500 l Eimerinhalt mit der Brücke arbeiten, so würde die Leistung wenn auch nicht das Doppelte betragen, so doch voraussichtlich noch 60 bis 70 vH höher sein. Dementsprechend würde die Kopfleistung auf 250 bis 300 m³ steigen und der Lohnanteil auf 1 m³ und die sonstigen Unkostenanteile in ähnlichem Verhältnis fallen.

Zahlentafel 3 gibt eine Gegenüberstellung der Anlagekosten. Hiernach beträgt der Anteil aus den Anlagekosten beim alten Betrieb 4,1 ₰/m³, beim Förderbrückenbetrieb 5,7 ₰/m³, das bedeutet eine Zunahme von 1,6 ₰/m³. In Zahlentafel 3 ist der Preis der Lokomotiven (Dampflokomotiven) mit 15 000 ℳ eingesetzt, der Preis der Abraumwagen (alte Holzkastenkipper) mit 600 ℳ je Stück. Diese Werte dürften bei Verwendung elektrischer Loko-

Zahlentafel 1. Abraumbetrieb der Plessaer Braunkohlenwerke.

		März 1924	Vom 26. Februar bis 26. März 1925	
		B-Bagger mit Lokomotivbetrieb	Förder-Brücke mit B-Bagger	Förderbrücke zu Lokomotivbetrieb vH
1. Leistung im Monat	m³	78 646	96 545	—
2. „ in der Doppelschicht	„	3 145	—	—
3. Leistung in 1 Schicht	„	1 572	3 861	+ 145,6
4. Kopfzahl der Belegschaft		102	24	— 76
5. Lohnschichten		2 499	600	—
6. Leistung eines Arbeiters	m³	31,4	161	+ 413
7. Lohnsumme	ℳ	10 470	2 820	—
8. Lohn für 1 m³	₰	13,3	2,9	— 78,2
9. Unkostensumme	ℳ	7 914	6 136	—
10. Unkosten für 1 m³	₰	10,0	6,3	— 37,8
11. Gesamtkosten	ℳ	18 384	8 956	—
12. Gesamtkosten für 1 m³	₰	23,3	9,2	— 61,4

Zahlentafel 2. Abraumbetrieb der Plessaer Braunkohlenwerke.

		März 1924			Vom 26. Februar bis 26. März 1925		
		B-Bagger mit Lokomotivbetrieb	C-Bagger mit Lokomotivbetrieb	B- und C-Bagger	Förderbrücke mit B-Bagger	C-Bagger mit Lokomotivbetrieb	Förderbrücke mit C-Bagger
1. Leistung im Monat	m³	78 646	22 718	101 364	96 545	23 750	120 295
2. „ Doppelschicht	„	3 145	—	—	—	—	—
3. „ in 1 Schicht	„	1 572	911	4 056	3 861	950	4 811
4. Kopfzahl der Belegschaft		102	45	147	24	47	71
5. Lohnschichten		2 499	1 125	3 624	600	1 175	1 775
6. Leistung eines Arbeiters	m³	31,4	20,1	27,9	161	20,2	67,7
7. Lohnsumme	ℳ	10 470	4 725	15 195	2 820	5 522	8 342
8. Lohn für 1 m³	₰	13,3	20,8	14,9	2,9	23,2	6,9
9. Unkostensumme	ℳ	7 914	2 705	10 619	6 136	2 782	8 918
10. Unkosten für 1 m³	₰	10,0	11,9	10,4	6,3	11,7	7,4
11. Gesamtkosten	ℳ	18 384	7 430	25 814	8 956	8 304	17 260
12. Gesamtkosten für 1 m³	₰	23,3	32,7	25,3	9,2	34,9	14,3

Zahlentafel 3. Abraumbetrieb der Plessaer Braunkohlenwerke.
Abschreibung und Verzinsungskosten — B-Bagger mit Lokomotivbetrieb gegenüber Förderbrücke mit B-Bagger

Zugbetrieb

	M
A. Abschreibung:	
4 Lokomotiven . . je 15 000 M = 60 000 zu 15 vH	9 000
78 Abraumwagen . je 600 „ = 46 800 „ 20 „	9 360
2 500 m Gleisanlage . . . . 35 000 „ 20 „	7 000
M	25 360
B. Verzinsung:	
Lokomotiven . . . . 60 000 M	
Abraumwagen . . . . 46 800 „	
Gleisanlage . . . . 35 000 „	
141 800 M zu 10 vH	14 180
M	39 540
im Monat	3 295

Förderleistung im Monat
doppelschichtig: 78 646 m³ ergibt 4,18 Pf/m³

Brückenbetrieb

	M
A. Abschreibung:	
Eisenkonstruktion der Brücke 140 000 M zu 4 vH	5 600
Maschineller Teil . . . . . . 210 000 „ „ 10 „	21 000
Haldengleis 450 m . . . . . . 16 300 „ „ 15 „	2 445
M	29 045
B. Verzinsung:	
Brücke . . . . 350 000 M	
Haldengleis . . . . 16 300 „	
366 300 M zu 10 vH	36 630
M	65 675
im Monat	5 473

Brücke 65 675 M
In Wegfall kommender Zugbetrieb — 39 540 „
+ 26 135 M
Förderleistung im Monat 96 545 m³ ergibt 5,7 Pf/m³
= + 1,6 Pf/m³.

motiven und neuzeitlicher Selbstentlader das Zweieinhalb- bis Dreifache ausmachen; dementsprechend würde auch der Lohnanteil auf 1 m³ entsprechend höher werden. Der in der andern Spalte erscheinende Tilgungssatz für die Eisenkonstruktion der Brücke mit 4 vH ist von verschiedenen Seiten angegriffen worden. Es mag dahingestellt bleiben, ob man nicht auch hier mit mindestens 10 vH Abschreibung rechnen soll, um den technischen Entwicklungsmöglichkeiten Rechnung zu tragen und auch deshalb, um das Anlagekapital nicht auf zu lange Zeit hinaus festzulegen. Es würde sich dann auch der Anteil auf 1 m³ bei Brückenbetrieb entsprechend erhöhen. Aber auch diese Zahl kann noch erheblich vermindert werden, wenn die Brücke für eine größere Leistung, also z. B. für einen 500 l-Bagger ausgeführt und verwendet wird.

Wenngleich bei dem kurzen Vergleichsabschnitt die vorliegenden Zahlen durchaus keinen Abschluß darstellen, um so weniger, als sie bezüglich mancher Werte, z. B. der Aufwendungen für Ersatzteile usw. geschätzt sind, so zeigen sie doch, daß mit den Abraumförderbrücken der Braunkohlenindustrie ein Mittel an die Hand gegeben wurde, durch das sie in vielen Fällen in die Lage versetzt ist, einem weiteren Anwachsen der Abraumkosten wirksam entgegenzuarbeiten. Die außerordentliche Bedeutung der Frage ergibt sich aus dem Umstand, daß die Abraumkosten schon heute auf einer langen Reihe von Werken rd. 70 vH der Gewinnungskosten betragen.

[B 562]

Die 3. Glastechnische Tagung.

Die Deutsche Glastechnische Gesellschaft, Frankfurt a. M., hielt am 18. und 19. Juni in Nürnberg ihre dritte Glastechnische Tagung ab, über die wir, soweit das Arbeitsgebiet des Ingenieurs in Betracht kommt, nachstehend berichten.

Der Fachausschuß für

Bearbeitung des Glases von Hand und mit der Maschine

widmete sich in ausgedehnter Sitzung am 18. Juni u. a. der Beratung über die Baustoffrage für Blasformen. Während bisher Eisen, Stahl und Metalle zur Herstellung von Glasverarbeitungsmaschinen und Zubehör nach Gutdünken des jeweiligen Belieferers der Glasindustrie gewählt wurden, wird die Glasindustrie sich in Zukunft die Vorteile des besonders in Deutschland hochentwickelten metallurgischen Fachwissens zunutze machen. Ein Meinungsaustausch zwischen Vertretern der in der Glasverarbeitung praktisch erfahrenen Glasindustriellen und geladenen Formenfabrikanten, hat die Richtlinien ergeben, nach denen der Fachausschuß seine Arbeiten entwickeln wird.

In einem öffentlichen Vortrag am 19. Juni unterzog Prof. Dr. Strauss, Essen, die physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe einer kritischen Betrachtung, die Aussicht haben, für Glasformen angewendet zu werden. Die Festigkeitseigenschaften bei hohen Temperaturen, die Oxydation, die spezifische Wärme, die Wärmeleitfähigkeit, die Ausdehnung und die Haltepunkte der Stahllegierungen wurden erläutert.

Im Fachausschuß für

Wärmewirtschaft und Ofenbau

berichtete der wissenschaftliche Mitarbeiter der Wärmetechnischen Beratungsstelle der deutschen Glasindustrie (W.B.G.), Frankfurt a. M., Dr.-Ing. Friedmann, über „Abmessungen und Leistungen von Glasschmelz-Wannenöfen". Seine Darlegungen ließen erkennen, daß bei dieser Stelle auf Grund des gesammelten Materials bereits heute schon Gesetzmäßigkeiten festgestellt wurden, die einer theoretischen Behandlung bedürfen. Zweck und Ziel ist, die stark veraltete Bautechnik und die Betriebsweise von Glasschmelzöfen zu heben.

Über die Bestrebungen einer Schamotte-Normung berichtete Dr. Hirsch, Berlin, in Vorbereitung zu dem Normungsgedanken für feuerfeste Stoffe innerhalb der Glasindustrie und einer späteren Zusammenarbeit mit dem Normenausschuß der deutschen Industrie (NDI).

Obering. Litinsky, Leipzig, behandelte in seinem Vortrag am 19. Juni vorhandene und einzuschlagende Wege des Normungsgedankens im feuerfesten Fach. Formate, Eigenschaften und Prüfungsverfahren sollen vereinheitlicht werden.

Im Vortrag „Wärmespeicher und Brennerkonstruktionen von Regenerativöfen der Eisenindustrie und die Anwendbarkeit dortiger Erfahrungen für die Glasindustrie" wies Dr.-Ing. Bulle, Düsseldorf, auf die eingehenden Kenntnisse der wärmetechnischen und metallurgischen Verhältnisse der Eisenindustrie hin. Die Glasindustrie wurde angeregt, aus den Erfahrungen dieser Industriegruppe bei Ausgestaltung ihrer Öfen baulich und betrieblich zu lernen.

Über Abwärmeverwertung an Glasöfen sprach Obering. Paul Meyer, Nürnberg. Er behandelte die Entwicklung der Abwärmeverwertung in der Glasindustrie und die Bauart neuzeitlicher Abwärmekessel. Die wärme- und geldwirtschaftlichen Verhältnisse wurden an einfachen Beispielen erläutert.

Weitere Vorträge hielten: Dr. Hampe, Nürnberg, „Das Altnürnberger Kunstglas und seine Meister", Prof. Dr. Eitel, Königsberg, „Die Viskosität der Gläser", Dr. Eckert, Essen, „Thüringer Glas", Dr.-Ing. Springer, Zwiesel, „Erfahrungen und Untersuchungen über Glasfehler". [1])

Das Gesamtergebnis der 3. Glastechnischen Tagung kann dahin zusammengefaßt werden, daß es der nunmehr rd. 400 Mitglieder zählenden „Deutschen Glastechnischen Gesellschaft" gelungen ist, die Spezialforschung der einzelnen Fachgebiete Physik, Chemie, Hüttentechnik und Maschinenwesen in ersprießlicher Weise den Diensten der Glasindustrie zunutze zu machen.

[N 709]

[1]) Die Vorträge erscheinen späterhin in den „Glastechnischen Berichten" Verl. Deutsche Glastechnische Gesellschaft, Frankfurt a. M., Gutleutstr. 8.

Die Dieselmaschine in Amerika.

Von Prof. Dr.-Ing. A. Nägel, Dresden.

(Fortsetzung von S. 881.)

Bei der Nordberg Manufg. Co., Milwaukee, begegnen wir langjähriger Erfahrung auf dem Gebiete der Großdieselmaschine; sie wurde ursprünglich auf Grund einer Lizenz auf die Zweitaktbauarten von Carels Frères in Gent ausgeführt, von der man sich jedoch unabhängig gemacht hat. Kleinere Zylinder werden in einer Zweitaktbauart ausgeführt, bei der die Spülluft- und die Auspuffschlitze in jedem Zylinder einander gegenüber angeordnet sind; sie werden vom Kolben gesteuert, der mit entsprechenden Ablenkflächen für die Führung des Spül- und Ladeluftstromes ausgestattet ist. Da sich weder in den Auspuffkanälen noch in den Luftkanälen ein Steuerteil befindet und aus bekannten Gründen die Auspuffkanäle früher geöffnet und daher später geschlossen werden müssen als die Luftschlitze, so ist jede Aufladefähigkeit des Zylinders über den Enddruck des Auspuffvorganges ausgeschlossen.

Die Dieselmaschinen dieser Bauart treten im Rahmen des Nordbergschen Bauprogramms zurück gegenüber der Bauweise, bei der der Auspuff durch rings um den Zylinder angeordnete und vom Kolben gesteuerte Schlitze erfolgt, während die Spül- und Ladeluft durch vier Ventile in den Zylinder eintritt, die im Deckel um das Brennstoffventil herum untergebracht sind. Die Maschine, die in vier Zylindern von 712 mm Dmr. und 1117 mm Hub bei 120 Uml./min im normalen Betriebe 2230 PS_e leistet, Abb. 37

Abb. 37a. Zylinderkopf, Steuerung und Brennstoffpumpe der Nordberg-Dieselmaschine, Abb. 37.

Abb. 37. Schnitt durch einen Zylinder.

Abb. 37 und 37 a. Vierzylinder - Zweitakt - Dieselmaschine mit Ventilspülung der Nordberg Manufg. Co., Milwaukee, für 2230 PS_e bei 712 mm Zyl.-Dmr., 1117 mm Hub und 120 Uml./min.

Abb. 38. Spül- und Ladepumpe für die Dieselmaschine, Abb. 37, mit Corlisssteuerung.

und 37 a, ähnelt den früheren Ausführungen von Gebr. Sulzer in Winterthur und Ludwigshafen, vergl. z. B. Z. Bd. 55 (1911) S. 1324.

Bei kleineren Ausführungen derselben Bauart wendet die Nordberg Mfg. Co. Rahmengußstücke an, die, entsprechend dem A-Gestell unserer bekannten Viertaktmaschinen, den äußeren Zylindermantel mit den beiden Stützsäulen in einem Stück zusammenfassen. Die zugehörige Spül- und Ladepumpe, Abb. 38, ist mit Corliss-Steuerung versehen; der dreistufige Luftkompressor für die Anlaß- und Einspritzluft ist in Abb. 39 dargestellt. Das Futter des Arbeitszylinders hat am unteren Rand eine Ölabstreifpackung mit einem dahinter liegenden Ringraum zur Aufnahme und Abführung des abgestreiften Öles. Der Kreuzkopf des Arbeitszylinders hat nachstellbare Gleitschuhe, die man in den Vereinigten Staaten wohl bei allen großen Kolbenmaschinen vorfindet. Die Wasserkühlung des Kolbenbodens und die zugehörige Gelenkrohrverbindung gehen aus Abb. 40 und 41 hervor. Letztere zeigt einen kleinen Zylinder, der mit den Stützsäulen in einem Stück gegossen ist.

In Abb. 42 ist der Schnitt durch ein Spülventilgehäuse und in Abb. 43 der Schnitt durch das Anlaßventilgehäuse

Abb. 40.

Abb. 40 und 41. Wasserkühlung des Kolbenbodens der Nordberg-Dieselmaschine mit dazugehöriger Gelenkrohrverbindung.

Abb. 39. Dreistufiger Luftkompressor für Anlaß- und Einspritzluft der Dieselmaschine, Abb. 37.

Abb. 41.

dargestellt. Bemerkenswert ist, wie man das Spülventil gegen Hineinfallen in den Arbeitszylinder sichert, falls die Ventilspindel, die Feder oder der Federsteller brechen sollte.

Die Anordnung der Brennstoffpumpen, die zur Vereinfachung paarweise zusammengefaßt zu werden pflegen, geht aus Abb. 44 und 44 a hervor, die außerdem über den Reglereingriff Aufschluß geben. Die Brennstoffnadel öffnet sich nach oben und ist mit einem Plattenverteiler ausgestattet. Die Düsenplatte, Abb. 37a, ist gegenüber der Deckelunterfläche weit in den Deckelraum zurückgezogen.

Eine besondre Eigenart zeichnet die Nordberg Mfg. Co. in bezug auf die Herstellung der gekröpften Kurbelwellen aus. Jede Kurbel, bestehend aus den beiden Kurbelwangen und dem sie verbindenden Kurbelzapfen, wird gesondert geschmiedet und bearbeitet. Gängige Größen dieser Kurbeln werden auf Lager gehalten. Diese Kurbeln werden, ohne erwärmt zu werden, auf einer hydraulischen Presse durch die zylindrischen Wellenzwischenstücke mit einander verbunden. Diese Zwischenstücke und die zugehörigen Bohrungen der Kurbelwangen sind so genau bearbeitet, daß beim gleichzeitigen Aufpressen beider Wangen einer Kurbel auf die beiden zugehörigen Wellenstücke die beiden Wangen ganz gleichmäßig auf dem zylindrischen Zapfen des Wellenstückes weiterrücken. Die Nordberg Mfg. Co. sieht in diesem Verfahren der Kurbelwellenherstellung einen wesentlichen Vorteil, indem bei kleineren Schmiedestücken Materialfehler leichter als bei einer aus einem großen Stahlblock herausgeschmiedeten Kurbelwelle vermieden werden können. Außerdem umgeht man mit diesem Verfahren die langen Lieferfristen, die große Kurbelwellen im allgemeinen beanspruchen. In diesem Zusammenhang verdient im Gegensatz zur deutschen Anschauung erwähnt zu werden, daß die Bethlehem Steel Corporation für ihre

Abb. 42. Schnitt durch ein Spülventilgehäuse.

Abb. 43. Schnitt durch das Anlaßventilgehäuse.

Abb. 44.

Abb. 44 a.

Abb. 44 und **44 a.** Brennstoffpumpe und Reglereingriff.

großen Zweitaktdieselmaschinen Stahlgußkurbelwellen in Aussicht nimmt. Der Fehlerfreiheit dieser Wellen versichert man sich dadurch, daß man die Wellen auf einer besonders gebauten Prüfmaschine auf Biegung und Drehung beansprucht und die elastischen Formänderungen mit den Rechnungsergebnissen verglecht.

Den zahlreichen großen Dieselmaschinen-Kraftanlagen, die in Amerika zur Elektrizitäts-, Wasser- oder Druckluftversorgung laufen, dürfte die Nordberg Mfg. Co. unter allen amerikanischen Maschinenfabriken die meisten Maschinen geliefert haben; wegen ihrer reichen Erfahrungen kann sie daher bei allen derartigen Ausschreibungen auf ein besonders großes Entgegenkommen rechnen.

Auf dem Gebiete der kompressorlosen Einspritzung gebührt der De La Vergne Machine Co. in New York besondre Anerkennung. Diese Maschinenfabrik, die sich im wesentlichen mit dem Bau von liegenden und stehenden Dieselmaschinen und von Kältemaschinen befaßt, war bis in die Kriegszeit Eigentum von Louis Doelling, dem Stiefsohn von Ernst Körting. Doelling ist gegenwärtig, nachdem seine Fabrik ihm als Deutschen gewaltsam enteignet wurde und in den Besitz der William Cramp Co. in Philadelphia übergegangen ist, als Vizepräsident nach wie vor der geistige Führer des Unternehmens, aus dem eine große Zahl bemerkenswerter Bauarten von Dieselmaschinen hervorgegangen sind.

Abb. 45 bis 47. Zylinderkopf einer stehenden Dieselmaschine der De La Vergne Machine Co., New York.

Von der Zweitaktgasmaschine Körtingscher Bauart ging die Firma zum Bau der Hornsby-Akroyd-Ölmaschine über, die sie von 1894 bis 1912 baute. Aus dieser ist später das Modell FH der Ölmaschine hervorgegangen, worüber ich in Z. Bd. 55 (1911) S. 1337 berichtet habe. Seither hat die Entwicklung der De La Vergne-Ölmaschine bedeutende Fortschritte gemacht, und der Eindruck, den die verschiedenen Versuchsmaschinen der Firma auf den Besucher machen, läßt erkennen, daß weitere Vorstöße geplant sind.

Die De La Vergne Co. bedient sich gegenwärtig bei ihren neuartigen Maschinen liegender wie stehender Anordnung der Brennstoffeinspritzung nach Price[1]); diese kennzeichnet sich dadurch, daß der vom Kolben bestrichene Hubraum durch eine zentrale Öffnung mit einem Verbrennungsraum von der Grundform eines Doppelkegels verbunden ist, dessen Achse quer zum Zylinder liegt. An den beiden Kegelspitzen befinden sich die beiden Einspritzdüsen, durch die der Brennstoff unter hohem Druck in den Verbrennungsraum zerstäubt wird. Infolge der Verdichtung der Ansaugeluft auf etwa 25 at erfolgt Selbstzündung des Brennstoffnebels, der wegen der guten Anpassung des Verbrennungsraumes an die Form des Strahlnebels die vorhandene Verbrennungsluft in hinreichendem Maß ausnutzt.

Dies wird dadurch bewiesen, daß ein Zylinder von 432 mm Dmr. und 609 mm Hub bei 225 Uml./min im Viertakt 101,4 PS_e und der größte Zylinder von 533 mm Dmr. und 876 mm Hub bei 164 Uml./min bei Nennlast 182,5 PS leistet. Diese Leistungen entsprechen mittleren wirksamen Kolbendrücken von 4,54 und 5,12 at.

Abb. 45 bis 47 zeigen den Zylinderkopf einer stehenden Dieselmaschine von 432 mm Kolbendurchmesser und 609 mm Hub. Der nach dem Hubraum kegelförmig erweiterte Teil des Innenraumes wird im inneren Totpunkt durch den Kegelstumpf des Kolbenbodens bis auf ein Spiel von wenigen Millimetern ausgefüllt. Der Zylinderkopf für eine liegende Maschine, Abb. 48 bis 50, entspricht einem Kolbendurchmesser von 508 mm und einem Hub von 800 mm. Axial in den Verbrennungsraum am hinteren Zylinderende tritt die Anlaßluft ein. Die beiden Brennstoffdüsen finden in den beiden seitlichen Öffnungen des Verbrennungsraumes Aufnahme und geben somit den Brennstoffstrahlen eine Richtung quer zur Hubbewegung.

Abb. 51. Stehende Dreizylinder-Dieselmaschine der De La Vergne Co. für 300 PS_e bei 432 mm Zyl.-Dmr., 609 mm Hub, 225 Uml./min.

Man scheint sich bei der Beurteilung des Price-Verfahrens der Vorstellung hinzugeben,

[1]) Vgl. Z. Bd. 64 (1920) S. 1024.

daß durch den Zusammenprall der beiden Brennstoffstrahlen eine zusätzliche, besonders wirksame Zerstäubung hervorgebracht würde, während in Wirklichkeit die verhältnismäßig günstigen Ergebnisse des Price-Verfahrens wohl nur auf der inneren Durchwirbelung der verdichteten Verbrennungsluft beruhen dürften, die durch die Einschnürung unter heftiger Wirbelung aus dem Hubraum in den Verbrennungsraum eintritt und dadurch annähernd vollkommen und rasch mit den zerstäubten Brennstoffteilchen vermischt wird. Weitergehende Erfahrungen von Obering. R. Hildebrandt in St. Louis, über die weiter unten berichtet wird, sind geeignet, diese Auffassung zu bestätigen.

Die stehende Dreizylindermaschine, Abb. 51, leistet bei 432 mm Zyl.-Dmr., 609 mm Hub und 225 Uml./min etwa 300 PS_e. Sie ist bemerkenswert durch den Kettenantrieb der beiden Steuerwellen, der sich außerordentlich gut bewährt hat. Die untere Steuerwelle wird mittels des ersten Kettenzuges von der Hauptwelle aus angetrieben, und von deren zweitem Kettenrad wird der zweite Kettenzug für den Antrieb der oberen Steuerwelle abgenommen. Von der unteren Steuerwelle werden die Regler, die Brennstoffpumpen und die Anlaßventile, Abb. 52, von der oberen Steuerwelle die Hebel der Einlaß- und Auslaßventile betätigt.

Abb. 48 und 49.

Abb. 50.

Abb. 48 bis 50. Zylinderkopf einer liegenden De La Vergne-Dieselmaschine.

Die freigelegten beiden Kettenräder der unteren Steuerwelle und die beiden Kettenzüge sind in Abb. 53 sichtbar, die auch die Führungs- und Spannrolle des oberen Kettenzuges zeigt.

Beide Kettentriebe sind in ein gußeisernes Gehäuse eingeschlossen, dessen reicher Ölumlauf und dessen Sicherheit gegen Staub lange Lebensdauer der Kette und der Kettenräder verbürgen. Vom deutschen Dieselmaschinenbau, der für den Antrieb der Steuerwelle zumeist die senkrechte Zwischenwelle mit Schraubenräderübertragung verwendet,

Abb. 52. Brennstoffpumpen- und Reglerantrieb (von der unteren Steuerwelle aus) der in Abb. 51 dargestellten Maschine.

Abb. 53. Kettenantrieb der unteren und oberen Steuerwelle.

Abb. 54. Vierzylinder-Dieselmaschine der De La Vergne Co. von 260 PS bei 369 mm Zyl.-Dmr., 458 mm Hub, 275 Uml./min.

hat man gegen die Anwendung der Kette die Gefahr der Längung bei großer Betriebsdauer ins Feld geführt. Demgegenüber ist an der Hand eines zuverlässigen Versuches, den die De La Vergne Co. mit einer 4,88 m langen Whitney-Kette, die sie für Dieselmaschinen anwendet, angestellt hat, festgestellt worden, daß sich diese Kette in einem zweijährigen Dauerbetrieb nur um 1,6 mm gelängt hat.

Bei einer andern Anordnung der Steuerung für die stehende Vierzylindermaschine von 260 PS ($D = 369$ mm, $s = 458$ mm, $n = 275$ Uml./min, $p_e = 4{,}43$ at), Abb. 54, ist nur eine tiefliegende Steuerwelle vorhanden, die mit einem Kettenzug von der Hauptwelle aus angetrieben wird. Die Hebel der Ein- und Auslaßventile, die auf den Zylinderdeckeln gelagert sind, werden mittels Stelzen von den Nockenscheiben der Steuerwelle betätigt. Das Bild zeigt übrigens deutlich, wie sich die von der Brennstoffpumpe jedes Zylinders kommende Brennstoffleitung in die beiden Stränge teilt, die zu den Einspritzdüsen führen. [B 436]

(Forts. folgt.)

Selbsttätiges Pumpwerk ohne Wasserturm.

Im vergangenen Jahre wurde in der Stadt Schiedam, Holland, eine Trinkwasser-Versorgungsanlage ohne Wasserturm in Betrieb gesetzt, die vollständig selbsttätig arbeitet. Schiedam ist an die Wasserleitung der Stadt Rotterdam angeschlossen; der verfügbare Druck genügt nur für 18 bis 20 m und nicht für den gewöhnlichen Tagesbedarf, noch weniger zu Feuerlöschzwecken. Man war daher gezwungen, ein Pumpwerk zum Erhöhen des Druckes auf 30 m, im Brandfall auf 40 m, aufzustellen. Nur Kreiselpumpen konnten in Betracht kommen, wenn der Zulaufdruck nicht verloren gehen und voll ausgenutzt werden sollte. Solche Pumpen mit elektrischem Antrieb wurden gewählt und in Verbindung mit großen Druckwindkesseln und elektrischen Schaltapparaten für einen selbsttätigen Betrieb eingerichtet.

Die von der Firma Klein, Schanzlin & Becker A.-G., Frankenthal (Pfalz), betriebfertig hergestellte Pumpenanlage besteht aus zwei Pumpen *a* und *d* mit einer Leistung von je 5550 m³/h bei 12 m, von je 445 m³/h bei 22 m oder von je 300 m³/h bei 30 m Förderhöhe, ferner zwei Pumpen *b* und *c* mit einer Leistung von je 320, 240 oder 150 m³/h bei den gleichen Förderhöhen; die Pumpen sind je mit einem Drehstrommotor von 1450 Uml./min unmittelbar gekuppelt. Eine fünfte Pumpe wird mittels Riemens von einem Gasmotor von 120 PS angetrieben, dessen Umlaufzahl so regelbar ist, daß sowohl bei 22 m als auch bei 32 m Förderhöhe eine gleichbleibende Wassermenge von 660 m³/h erreicht wird. Diese Pumpe dient als Aushilfe beim Ausbleiben des elektrischen Stromes.

Ein zweiter Gasmotor von 4 PS treibt einen Luftkompressor, der die zum Anlassen des großen Gasmotors erforderliche komprimierte Luft erzeugt. Außerdem dient er zum Ergänzen und Vorpressen der Luft in den vier zu den Kreiselpumpen gehörigen großen Druckbehältern. An diesen befinden sich je zwei Druckschalter, die in Verbindung mit den dazugehörigen Anlaßwiderständen die Elektromotoren nebst Pumpen in und außer Betrieb setzen. Einer der Druckschalter ist für den Normalbedarf, der zweite für den höheren Druck bei Schadenfeuer eingestellt. Die Umschaltung von Normal- auf Höchstdruck und umgekehrt kann auf elektrischem Wege sowohl durch den Maschinenwärter, vom Schaltbrette aus, als auch durch die Brandwache von deren Aufenthaltsort aus vorgenommen werden; Signallampen zeigen die Umschaltungvor an und verhüten ein unbefugtes Umstellen.

Wie bereits erwähnt, wird der Zulaufdruck der Rotterdamer Wasserleitung voll ausgenützt, so daß die Pumpen zunächst nur den Druckunterschied zwischen diesem und dem normalen Bedarfsdruck von 30 m zuzüglich des Druckunterschiedes von 10 m, der zum Betätigen der Druckschalter nötig ist, zu erzeugen haben. Die Druckschalter an den vier Kesseln sind je um einen um 0,5 m geringeren Ein- und Ausschaltdruck eingestellt, und zwar:

Kessel 4,	Einschaltdruck 30 m,	Ausschaltdruck 40 m	für Pumpe	*d*
„ 3	„ 29,5 „	„ 39,5 „	„ „	*c*
„ 2	„ 29 „	„ 39 „	„ „	*b*
„ 1	„ 28,5 „	„ 38,5 „	„ „	*a*

Da die Luft in den vier Kesseln auf 30 m vorverdichtet ist, können diesen rd. 26 m³ Wasser entnommen werden, bis die erste Pumpe anspringt; bei Nacht wird also selten Wasser gefördert werden müssen. Geht der Bedarf darüber hinaus, so wird sofort beim Sinken des Druckes unter 30 m die Pumpe *d* in Betrieb gesetzt werden, die so lange allein arbeitet, bis ein verstärkter Wasserverbrauch ein weiteres Sinken des Druckes um 0,5 m verursacht. Dadurch wird das Anlaufen der Pumpe *c* bewirkt und so fort, bis schließlich bei außergewöhnlich hohem Bedarf, wie ihn die Sommermonate bringen können, zeitweise alle vier Pumpen in Tätigkeit sind. Abgestellt wird beim Nachlassen der Wasserentnahme umgekehrt in der gleichen Weise. Ist ein Brand ausgebrochen, so wird die Wirkungsweise die gleiche sein, nur daß das vorerwähnte Umschalten auf den um 10 m höher eingestellten Schaltapparat eine Steigerung des Wasserdruckes in der gleichen Höhe, also auf 40 m Ein- und 50 m Ausschaltdruck für Pumpe *d* (Kessel 4) usw., mit sich bringt.

Ein anderer Vorteil der Anlage besteht darin, daß sich durch auf dem Schaltbrett weiter angeordnete Umschalter die Druckschalter beliebig mit einem anderen Pumpensatz verbinden lassen, so daß von Zeit zu Zeit mit der Pumpe gewechselt werden kann, die als erste angeht und am längsten zu arbeiten hat; dadurch läßt sich eine möglichst gleichmäßige Abnutzung der vier Pumpen erreichen. Andere vorteilhafte Einrichtungen, wie die Anordnung von Schnellschlußventilen, die ein Leerlaufen der Windkessel bei Stromunterbrechung, Rohrbruch usw. verhindern, eines Läutewerkes, das auf Unregelmäßigkeiten hinweist, und dergl., sollen hier nicht weiter beschrieben werden.

Die Pumpen sind mit spiralförmigem Gehäuse ausgeführt. Bei der Wahl und der Berechnung der Laufräder mußten in erster Linie die vorliegenden besonderen und wechselnden Verhältnisse Berücksichtigung finden; denn selbst in den ungünstigsten Fällen sollte ein möglichst vorteilhaftes Arbeiten erreicht werden. Die einzelne Pumpe durfte nicht zu oft ein- und ausgeschaltet werden, auch eine zweite sollte bei nur wenig über dem normalen liegenden Wasserverbrauch selten in Tätigkeit treten müssen. Auch war zu beachten, daß sich die Leistung in nicht zu großen Grenzen verändert, sonst hätte sich bei niedrigem Druck eine große, bei größerer Förderhöhe eine zu geringe Leistung ergeben. Damit wäre eine zu stark wechselnde Belastung des Antriebmotors, also ein unwirtschaftliches Arbeiten, verbunden gewesen. („Das Gas- und Wasserfach" Bd. 68 (1925) S. 180.)

[N 525] Th. Micksch.

Das Dampfkesselwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Von Friedrich Münzinger, Berlin.

Vorgetragen in der Fachsitzung „Dampfkesselwesen" der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg 1925.

(Schluß von S. 898).

Vergleich zwischen dem amerikanischen und dem deutschen Dampfkesselbau.

Der heutige Stand des amerikanischen und des deutschen Dampfkesselbaues läßt sich etwa folgendermaßen kurz kennzeichnen:

Die Amerikaner haben auf praktischem wie theoretischem Gebiet in den letzten zehn Jahren Außerordentliches geleistet. Im Bau großer Kessel und des gesamten, zu ihrem Betrieb erforderlichen Zubehörs sind sie uns erheblich voraus. Ihre Überlegenheit im Kesselzubehör kommt besonders in den großen mechanischen Unterwindfeuerungen, Wanderrosten wie Unterschubrosten, in der Durchbildung der Einmauerung großer Kessel, den Vorrichtungen für Aschenabfuhr und in den Apparaten für selbsttätige Feuerung zum Ausdruck.

Dagegen sind deutsche Steilrohrkessel von weniger als 1000 m² Heizfläche sorgfältiger durchgebildet, und in der werkstättentechnischen Ausführung ist Deutschland heute wesentlich überlegen, wenn man zum Vergleich den Durchschnitt der vier bis fünf besten Kesselfirmen beider Länder heranzieht.

Ursachen des amerikanischen Vorsprunges.

Der Vorsprung Amerikas rührt nicht zuletzt davon her, daß seine Dampfkesselindustrie fast zehn Jahre lang unter ungleich günstigeren Verhältnissen gearbeitet hat als die deutsche. Amerika ist ein sehr reiches Land, hat einen siegreichen Krieg hinter sich, seine gesamte Wirtschaft ist in lebhaftem Aufblühen, die Elektrizitätsversorgung wurde in großem Maßstab ausgebaut, überall herrscht Optimismus. Trotzdem wäre es falsch, die amerikanischen Fortschritte lediglich auf materielle Ursachen zurückzuführen, geistige Einflüsse haben vielmehr sicher erheblich mitgewirkt.

Der Amerikaner ist ein Meister in der Behandlung von Angestellten und Arbeitern, und der natürliche, aber von Mangel an Achtung freie Ton zwischen Vorgesetztem und Untergebenem sticht zum Teil vorteilhaft von europäischen Verkehrsformen ab. Dieses angenehme Verhältnis wird dadurch erleichtert, daß der amerikanische Arbeiter nicht klassenkämpferisch eingestellt ist und im Vorgesetzten nicht vorneweg seinen Gegner sieht. Er hat vielmehr das Bestreben, sich durch Rührigkeit und Fortbildung möglichst schnell in eine höhere Einkommenstufe emporzuarbeiten, und versucht mit allen Mitteln, seine Kenntnisse zu erweitern und zu vertiefen. Dadurch wird ein vorzügliches Zusammenarbeiten der Angehörigen derselben Firma erreicht und Arbeiter und Angestellte äußern sich nicht selten voll Stolz über ihre Zugehörigkeit zu einem bekannten Unternehmen. Aber auch zwischen Lieferanten und Besteller herrscht ein gutes Verhältnis. Man unterstützt sich gegenseitig nach Kräften, und diese cooperation, die durch „Zusammenarbeit" nur unvollkommen übersetzt wird, umfaßt gewissermaßen das ganze Land. Sie vermeidet unzählige Reibungen und erspart eine Unsumme von Geld und Zeit, die bei uns zu ihrer Beseitigung geopfert werden müssen. Fast jeder, hoch und niedrig, scheint vom Bewußtsein der verantwortlichen Mitarbeit an dem großen Werk, Amerika reich und glücklich zu machen, durchdrungen zu sein.

Einige geschickt geschriebene populäre technische Zeitschriften haben die Technik gewissermaßen zum Allgemeingut des ganzen Volkes gemacht, das an allen ihren Errungenschaften lebhaften Anteil nimmt, während bei uns weite Kreise noch vielfach, wenn auch nicht gerade geringschätzig, so doch etwas gönnerhaft oder gleichgültig auf die Welt der Maschinen herabsehen. Der Durchschnitts-Amerikaner, auch soweit er nicht Ingenieur ist, ist sich weit mehr als der Durchschnitts-Deutsche bewußt, wie sehr seine Existenz von den Leistungen der Technik abhängt, und die dadurch verursachte Anteilnahme der breiten Öffentlichkeit an technischen Werken ist ein starker Ansporn für Arbeiter und Ingenieure.

Leider findet man bei uns selbst in Ingenieurkreisen oft wenig Verständnis dafür, daß auch eine Maschinenfabrik ohne angemessenen Nutzen nicht gedeihen und auf die Dauer nichts leisten kann. Die deutsche Neigung zum Kritisieren fremder Leistungen läßt das Gute an einer Lieferung leicht übersehen und Mängel in stark vergrößertem Maßstab erscheinen. Besonders Ingenieure, die nie selbst konstruiert oder verkauft haben und daher nicht wissen, wie schwer es ist, etwas Besseres zu schaffen und mit solchem Nutzen herzustellen, daß das Unternehmen davon leben kann, verfallen in diese Fehler. Der Umstand, daß technische Streitfragen manchmal wie Glaubensdogmen behandelt werden, bewirkt, daß der Meinungsaustausch nicht klärend, sondern erbitternd und trennend wirkt. Nicht das Bestreben, möglichst schnell Meinungsverschiedenheiten zum Abschluß und die bestellte Maschine in Gang zu bringen, scheint in manchen Fällen leitender Gedanke zu sein. Kommt der junge Ingenieur frisch von der Hochschule in eine solche Umgebung hinein, so hält er Tüfteleien für wesentlich und sieht in „geschicktem, taktischem Vorgehen", einem Worte, mit dem in den letzten sieben Jahren in Politik wie Beruf besonders viel Unfug getrieben wurde, das Geheimnis beruflicher Tüchtigkeit und geschäftlichen Erfolges. Der Briefwechsel gleicht dann nach Umfang und Inhalt oft mehr diplomatischen Noten und ist meist ebenso unfruchtbar wie diese.

Die schwierige Lage der deutschen Maschinenindustrie wird auch von Ingenieuren in gehobener Stellung zuweilen erstaunlich wenig erkannt, sie sehen daher nicht, daß für ihr Gedeihen und ihre Leistungsfähigkeit guter Auslandabsatz doppelt wichtig ist, seitdem der inländische infolge der verminderten Kaufkraft so geschwächt ist. Die Amerikaner dagegen halten es für selbstverständlich, ihre heimische Industrie in jeder Weise zu unterstützen und ihre Bereitwilligkeit, Fabriken, Kraftwerke und andere Anlagen Fremden zu zeigen, wurzelt in der wohl vielfach unbewußten aber durchaus gesunden Absicht, ihnen Vertrauen zur Leistungsfähigkeit der amerikanischen Industrie einzuflößen.

Folgerungen für die deutsche Dampfkesselindustrie.

Allgemeines. Wie jede Industrie, die blühen und neuzeitlichen Ansichten Rechnung tragen will, muß auch unser Dampfkesselbau bestrebt sein, bei auskömmlichem Nutzen möglichst gut und billig zu liefern. Er wird nur gedeihen, wenn er Qualitätsarbeit herausbringt, zu der unsere ganze Einstellung und Lage drängt. Dazu ist aber gründliche Durchforschung sowohl der Rohstoffe und Herstellverfahren, als auch der für Konstruktion und Bemessung der Kessel erforderlichen wärme- und betriebstechnischen Grundlagen nötig. Der kurze, aber teure Weg des Großexperimentes wird für uns nur selten gangbar sein, zu großen wissenschaftlichen Untersuchungen reichen die Kräfte einer einzelnen Kesselfirma nicht aus und unsere Geldmittel sind sehr beschränkt. Es kommt daher

darauf an, das Geld, das für Forschungszwecke erübrigt werden kann, gleichgültig, von welcher Stelle es kommt und ob es von Firmen oder technischen Körperschaften zur Verfügung gestellt wird, möglichst gut auszunutzen und sich durch gemeinschaftliches Zusammengehen gegenseitig zu helfen. Weitestgehende Mitarbeit der Kesselbetriebe sollte besonders solche Erfahrungen ersetzen, die aus Mangel an Geld nicht durch Laboratoriumsversuche gewonnen werden können.

Zusammengehörigkeits- und Verantwortlichkeitsgefühl. Weckung eines starken Gefühles der Verantwortlichkeit und des untrennbaren Verbundenseins des Einzelnen, gleichgültig ob Lieferant oder Besteller, mit dem gesamten deutschen Industriekörper ist daher von größter Wichtigkeit. Wenn auf der einen Seite möglichst gute und billige Herstellung von allen am Bau von Dampfkesseln beteiligten Stellen vom Rohstoff bis zum Fertigfabrikat mit Recht verlangt wird, so ist auf der andern auch die Einsicht zu fordern, daß ein Unternehmen nur bei angemessenem Gewinn bestehen und etwas leisten kann. Auf diese Zusammenhänge kann nicht früh genug hingewiesen werden. Bereits die Mittelschule sollte diese Aufklärungsarbeit, die ja nicht nur für die Ingenieurwelt so wichtig ist, einleiten und Fortbildungsschule und niedere und höhere technische Lehranstalten sollten sie fortsetzen.

Die Dampfkesselindustrie braucht einen gewissen Mindestabsatz, damit sie ihre Einrichtungen auf der Höhe halten und voll ausnutzen kann. Je größer ihre gesamte Jahresproduktion ist, um so besser und billiger kann sie liefern. Die Absatzeinbuße des Inlandmarktes muß daher durch vergrößerten Auslandabsatz eingeholt und übertroffen werden. Dies zu erreichen ist natürlich in erster Linie Sache der Dampfkesselindustrie selbst. Aber auch andere Industrien und Ingenieure außerhalb der Maschinenindustrien können hierzu beitragen. Der heutige scharfe internationale Wettbewerb nutzt jede zu seiner Kenntnis kommende Schwäche des fremden Mitbewerbers im Kampf um die Erlangung von Aufträgen rücksichtslos aus. Es wäre daher zu wünschen, daß besonders solche Fragen etwas zurückhaltender erörtert werden, die den Bau von Dampfkesseln grundsätzlich beeinflussen, aber noch nicht so geklärt sind, daß ihre richtige Beantwortung mit Sicherheit möglich ist.

Für den technischen Fortschritt ist es insbesondere fast stets ohne Nutzen, wenn in Veröffentlichungen über Schäden der Name der herstellenden Firma genannt wird. Es genügt meist die Bekanntgabe des Wesentlichen und Kennzeichnenden eines Falles.

Es hat lange Zeit als besonders klug gegolten, Erfahrungen ja für sich zu behalten. In den letzten Jahren haben erfreulicherweise auch bei uns zahlreiche Stellen mit der früheren Geheimniskrämerei gebrochen und es ist zu wünschen, daß dies noch mehr als bisher geschieht. Verheimlichte Erfahrungen laufen auf eine Verteuerung für die Allgemeinheit und letzten Endes auch für den Verheimlichenden selbst hinaus, weil derselbe Fehler immer wieder unter dauernden Geldopfern beseitigt werden muß, was natürlich die allgemeinen Unkosten eines Unternehmens und damit seine Gestehungskosten erhöht. Erfahrungsaustausch über den Betrieb von Kesseln ist ebenso wichtig wie über ihre Herstellung und wird besser, als es heute der Fall ist, lehren, welche Fehler durch schlechte Betriebführung und welche durch schlechte Kessel verursacht werden.

Besteller von Kesselanlagen können dadurch, daß sie nicht allzu ängstlich am Überkommenen hängen, sondern den Firmen Gelegenheit geben, sich an neuen Aufgaben zu erproben und zu zeigen, was sie können, die Entwicklung außerordentlich fördern. Der rasche Erfolg der Kohlenstaubfeuerungen in Amerika erklärt sich nicht zuletzt dadurch, daß Leute von Unternehmungsdrang aus den Kreisen der Kraftwerkleiter sich bereit gefunden haben, das Risiko mit zu tragen. Ein Mann wie John Anderson in Milwaukee, der als Erster das Wagnis auf sich nahm, ein großes neues Kraftwerk ausschließlich mit Kohlenstaubfeuerungen zu bauen, hat dem Fortschritt ebenso gedient, wie etwa ein großer Konstrukteur oder Erfinder.

Gerechte Verteilung der Lasten auf Besteller und Lieferer kann gesunde Entwicklung nur fördern; denn auch im Kesselbau müßte einseitige Bezieherpolitik auf die Dauer schädlich wirken.

Das Verantwortungsgefühl verlangt freilich auch, daß jedes Glied in der Fabrikation sich unbedingt darauf verlassen kann, daß die Lieferung des vorhergehenden die zugesicherten Eigenschaften hat. Ist eine solche Gewähr gegeben, so braucht kein Sicherheitszuschlag für Mindergüte gemacht zu werden. Die Baustoffe lassen sich daher besser ausnutzen, zeitraubende und kostspielige Kontrollen werden entbehrlich, und verbilligte Herstellungskosten sind die Folge.

Wissenschaftliche Untersuchungen. Werden Mittel für die Durchführung von Untersuchungen zur Verfügung gestellt, so ist zunächst zu prüfen, ob ähnliche Untersuchungen nicht bereits an anderer Stelle gemacht wurden oder im Gange sind. Die ausländische Literatur der letzten Jahre hat zahlreiche bei uns unbekannt gebliebene Arbeiten gebracht, so daß die Gefahr besteht, Geld für längst erforschte Dinge auszugeben. Man prüfe ferner, ob die geldlichen und sonstigen Mittel zur erfolgreichen Durchführung ausreichen. Untersuchungen, die an sich recht interessant sein mögen, aber auf absehbare Zeit keinen unmittelbaren Gewinn versprechen, stelle man hinter solche zurück, welche die Praxis dringend braucht. Endlich wähle man nur Persönlichkeiten, die genügend wissenschaftliche und versuchstechnische Grundlagen und so viel praktische Erfahrungen haben, um beurteilen zu können, worauf es ankommt. Manche wertvolle Untersuchung ließe sich mit bescheidenen Mitteln in den Kesselhäusern selbst durchführen, wenn es eine Stelle gäbe, die junge strebsame Ingenieure in Berührung mit den in Frage kommenden Persönlichkeiten bringt. Auch aus diesen Gründen sollte eine zentrale Instanz mit möglichst weitreichenden Verbindungen von beabsichtigten Versuchen in Kenntnis gesetzt werden und Gelegenheit haben, sich vor ihrem Beginn zu äußern.

Bauvorschriften. Zum Teil veraltete Vorschriften, wenigstens soweit sie den Aufbau des Kessels oder des Kesselhauses betreffen, haben die freie Entwicklung des deutschen Kesselbaues gehemmt. Auch dann, wenn beste Aussicht bestand, auf dem Beschwerdeweg gegen unberechtigte, behindernde Verfügungen vorzugehen, mußte mit solchen Zeitverlusten gerechnet werden, daß Nachgeben vielfach das kleinere Übel war, wenn man nicht die Bauarbeiten verzögern und schwere Kapitalverluste erleiden wollte. In den letzten Jahren hat sich allerdings in dieser Hinsicht sehr vieles gebessert. Behördliche Regelung muß ihrem ganzen Wesen nach konservativ sein, auch wenn die maßgebenden Beamten von den besten Absichten beseelt sind. Die Technik ist aber durchaus fortschrittlich und in ihrem Tempo zuweilen geradezu revolutionär. Wird sie in zu starke Abhängigkeit von Behörden gebracht, so sind Konflikte, Behinderungen und Schäden unvermeidlich. Man beschränke daher behördliche Eingriffe auf das Notwendige. Der Wegfall behördlicher Beengung würde freilich nur wenig nutzen, wenn an ihre Stelle geschäftige, verordnungsfreudige private Instanzen träten.

Sollen Vorschriften Nutzen bringen, so dürfen sie nur nach reiflicher Überlegung und nicht ad hoc erlassen werden, selbst wenn zuweilen schnelles Handeln geboten erscheint. Die Technik ist mehr als viele andere Zweige des öffentlichen Lebens auf Erfahrung angewiesen, und zum Sammeln von Erfahrungen gehört Zeit. Wird dies außer Acht gelassen, so stellen sich die Anweisungen bald als verfehlt heraus, verursachen Beunruhigung und erschüttern das Vertrauen zu ihren Urhebern. Der von den Amerikanern beschrittene Weg vermeidet diese Fehler. Man überlasse, wie sie es getan haben, die Ausarbeitung von Normen und Vorschriften Fachleuten und technischen Körperschaften und nehme als oberste, zusammenfassende Instanz unsere erste Ingenieurvereinigung, den Verein deutscher Ingenieure. Hier haben alle interessierten Kreise die Möglichkeit, auf gleicher Grundlage zu Wort zu kommen. Die Behörden hätten dann vor allem für Überwachung

der richtigen Anwendung und Beachtung so zustande gekommener Normen zu sorgen. Aber auch dann sollten die Vorschriften sich auf das unumgänglich Notwendige beschränken und der Initiative der Kesselfirmen möglichst freies Spiel lassen.

Auch die Garantiebedingungen fasse man so einfach wie möglich. Insbesondere soll man sich davor hüten, bei den normenmäßig festgelegten Abnahmeversuchen Werte messen zu wollen, für welche sowohl die Meßmethoden als auch die anzulegenden Wertmaßstäbe nicht völlig geklärt sind. Solche Messungen wären zum Beispiel Messungen der Elastizität und des Wasserumlaufes von Kesseln. Sie gehören nicht in Normen, sondern sollen privater Abmachung vorbehalten bleiben. Der Glaube, recht weitgefaßte und auf alle möglichen Dinge ausgedehnte Gewährleistungen bieten einen besonderen Schutz, erweist sich nicht selten als Fehlschluß. Ein tüchtiger Ingenieur kann meist auf Grund der Zeichnung eines Kessels ein besseres Urteil über seine spätere Eignung abgeben, als nach der Schablone ausgeführte Versuche am fertigen Kessel. Untersuchungen über den Wasserumlauf oder die Elastizität können, sofern sie von praktisch veranlagten Leuten mit guten versuchstechnischen und wissenschaftlichen Grundlagen gemacht werden, sicher wertvolle Winke für zukünftige Beurteilung geben. Aber z. Z. gibt es noch keine einwandfreien Anhaltspunkte dafür, was als normal oder gut anzusehen ist. Genaue Betrachtung wird übrigens öfters zeigen, daß das Bestreben, Vorschriften und Anleitungen auf alle möglichen Dinge auszudehnen, auch wenn es von privater Seite kommt, letzten Endes nur eine andere Form des Glaubens an den Nutzen obrigkeitlicher Beeinflussung und Leitung ist.

Normung. Billige Herstellung hängt entscheidend davon ab, daß die Kesselfabriken weit mehr als bisher normalisieren und standardisieren. Selbst die größten deutschen Kesselfirmen sind, an amerikanischen gemessen, klein. Ihre große Zahl und zum Teil recht bescheidene Größe sind billiger Erzeugung nicht förderlich. Dieser Nachteil läßt sich aber weitgehend durch gemeinsame Normung und Vereinheitlichung wettmachen, die auch dem kleinen Betrieb den Vorteil billiger Massenherstellung erschließen. Z. B. sind die zahlreichen Modelle von Rohrverschlüssen für Wasserrohrkessel schon deshalb ein Unding, weil ein Kraftwerk mit Kesseln verschiedener Firmen sich unnütz viel Ersatzteile halten muß. Auch das Ausland wird sich vielfach nicht für deutsche Fabrikate entschließen, wenn es nicht weiß, daß die Ersatzteile überall schnell zu bekommen sind, gleichgültig, von welcher Firma ein Kessel stammt. Verschlüsse und Durchmesser von Wasser- und Überhitzerrohren, Länge und Durchmesser der Kesseltrommeln, Befahrungs- und Feuerungstüren, Mannlochverschlüsse, Rostantriebe und -bestandteile, Fernbetätigung von Ventilen, Aschenverschlüsse usw. lassen sich sehr leicht fast für alle deutschen Kesselfabriken normen.

Eine ausgezeichnete Gelegenheit zur Normung bietet jetzt der Übergang zahlreicher Firmen zu Sektionalkesseln. Es wäre tief bedauerlich, wenn die verschiedensten Formen und Abmessungen von Sektionen auf den Markt kämen, wo wenige vollkommen ausreichen. Die Vorteile von Sektionen kommen nur bei Massenherstellung voll zur Geltung und die Allgemeinheit hat ein äußerst lebhaftes Interesse daran, daß Kessel nicht unnütz verteuert werden. Findet eine Firma, daß Sektionalkessel teurer als Zweikammerkessel werden, so ist zu befürchten, daß sie nicht richtig kalkuliert hat oder den werkstättentechnischen Vorteil von Sektionen, ihre Eignung zur Massenherstellung, nicht erkennt oder ihm nicht Rechnung tragen will.

Auch die Einführung weniger, zweckmäßig abgestufter Kesselgrößen wirkt verbilligend und verkürzt die Lieferfrist, weil nur wenige Teile auf Lager gehalten zu werden brauchen. Dem Feuerungslieferanten und dem entwerfenden Ingenieur bringt sie eine wesentliche Erleichterung, weil sie ihre Arbeiten schon weitgehend fertigstellen können, bevor sich der Besteller für eine bestimmte Kesselfirma entschlossen hat. Die Vorteile genormter Kesselheizflächen werden sich aber erst dann voll zeigen, wenn statt der Wasserkammern Sektionen und statt genieteter Kesseltrommeln geschweißte verwendet werden. Der Lieferung von Kesseln mit nicht genormten Heizflächen steht natürlich nichts im Wege, nur muß verlangt werden, daß ihre Besteller einen angemessenen Mehrpreis für ihre Sonderwünsche zahlen; denn bei richtiger Kalkulation müssen die Selbstkosten nicht genormter Maschinen teurer sein, und es ist nur billig, wenn dieses vermeidbare Mehr nicht die Allgemeinheit trägt. Überpreise für alles Anormale und Entbehrliche wirken zudem erzieherisch, ist doch die Gewöhnung an genormte und vereinheitlichte Teile letzten Endes nichts anderes als ein Zeichen von Disziplin. Die Lage des deutschen Kesselbaues war vor dem Kriege sehr schlecht und der erzielte Nutzen oft nicht ausreichend. Weitgehende Preisdrückung durch fortgesetztes gegenseitiges Unterbieten mag für den einzelnen Besteller recht verlockend scheinen. Erfolgt es in übertriebenem Maße, so ist eine Verminderung der Güte und ein Rückgang des ganzen Industriezweiges im Laufe der Zeit unvermeidlich. Gemeinsame Maßnahmen der Kesselfabriken zur Erzielung angemessener Preise sind daher verständlich und auch für die Allgemeinheit erträglich, wenn dieselben Stellen gleichzeitig alles tun, was zur Vervollkommnung und Verbilligung der Fabrikation geschehen kann. Hierbei wird es freilich manchmal nicht ohne Zwang auf Widerstrebende abgehen. Insbesondere muß verlangt werden, daß für Preise und Qualität nicht die am wenigsten leistungsfähigen Firmen als Grundlage dienen und daß nicht falsche Preispolitik das Beibehalten veralteter Verfahren und abgenutzter Maschinen und das Sträuben gegen Maßnahmen zur Vereinfachung und Verbilligung von Kesseln ermöglicht.

Auslandsberichterstattung und Fortbildung. Die große Bedeutung Amerikas auf technischem und wissenschaftlichem Gebiete, die eher zu- als abnehmen wird, macht schnelle und zuverlässige technische Auslandsberichterstattung sehr wichtig. Zur Zeit ist sie in unseren meisten Zeitschriften recht mangelhaft. Entweder kommen die Berichte zu spät oder werden von Persönlichkeiten besorgt, denen die fachliche Eignung abgeht. Mit bloßen Übersetzungen ist es natürlich nicht getan. Berichterstatter müssen vielmehr so viel Erfahrung haben, um beurteilen zu können, ob eine ausländische Veröffentlichung wichtig und neu ist, und müssen das Wesentliche kurz, klar und unter Benutzung deutscher Maßbezeichnungen wiederzugeben verstehen. An der mangelhaften Berichterstattung ist nicht zuletzt unzureichende Bezahlung schuld. Solange nach Zeilen bezahlt wird, ist eine Besserung nicht zu erhoffen.

Hochschulen und Firmen sollten zum Studium fremder Sprachen, besonders des Englischen, weit mehr als bisher ermutigen. Ein etwas höheres Gehalt für einen Ingenieur, der englische Zeitschriften und Abhandlungen lesen kann, wird sich reichlich bezahlt machen.

Auch für die theoretische Fortbildung der Arbeiter, Meister und der unteren Angestellten sollte mehr getan werden. Z. B. dürften einige Lichtbildervorträge über Kesselbaustoffe und ihre Verarbeitung für Meister und ausgewählte Arbeiter viel Nutzen bringen, wenn sie in einer ihrem Verständnis angepaßten Weise gehalten werden. Sie würden sich meist in den Abendstunden und für mehrere benachbarte Orte gemeinsam halten lassen. Geeignete Persönlichkeiten hierfür sind die Überwachungsingenieure. Für die Heizer bestehen ähnliche Kurse bereits, außerdem verfügen einige unsrer großen Kesselanlagen über vorzügliche Kräfte für die fachliche Ausbildung ihrer Leute.

Daß auch auf den Hochschulen im Dampfkesselwesen mehr als heute geschehen sollte, wird wohl allgemein zugegeben werden. Bau und Betrieb von Dampfkesseln haben eine Bedeutung wie wenige andre Maschinen erlangt und diesem Umstand sollten sich auch unsere Hochschulen nicht verschließen. [B 222]

RUNDSCHAU.

Wasserkraftanlagen.

Zur Berechnung von Wasserschlössern.

Die Berechnung der Spiegelbewegung in Wasserschlössern bei Änderung des Betriebzustandes der Anlage ist für alle Fälle möglich, die Rechnung ist jedoch etwas umständlich, und es liegt für den entwerfenden Ingenieur, der verschiedene Bauformen wirtschaftlich vergleichen muß, das Bedürfnis vor, rasch die verschiedenen Annahmen entsprechenden Wasserschloßquerschnitte zu bestimmen. Dies kann durch das in Abb. 3 wiedergegebene einfache Kurvenbild leicht erreicht werden. Zu seiner Erläuterung sei das Folgende bemerkt: Sachlage und Bezeichnungen sind aus Abb. 1 zu entnehmen. Gegeben ist der Stollen, der Druckhöhenverlust h_w bei der Stollengeschwindigkeit c_0 für Vollast und das Nutzgefälle H_e. Für die Bemessung des Wasserschloßquerschnittes ist der zeitliche Verlauf der Wasserspiegellagen, Abb. 2, maßgebend. Wichtig ist einerseits die größte Überschreitung Δ_1 des Ruhespiegels bei verschiedenen Entlastungsgraden auf Leerlauf, anderseits die Unterschreitung Δ_2 des der Vollast entsprechenden Betriebspiegels bei plötzlichen Belastungen auf Vollast. Ist die Größe des Wasserschlosses gegeben, so ist der Spiegelanstieg bei voller Entlastung bei Vernachlässigung der Reibung bekanntlich

$$h_0 = \sqrt{\frac{Lf}{gF}}\, c_0.$$

Abb. 1. Schematische Darstellung der Sachlage zur Berechnung von Wasserschloßquerschnitten

Die Werte $\frac{\Delta}{h_0}$ sind bestimmt durch $\frac{h_w}{h_0} = \varepsilon$ und den verhältnismäßigen Betrag der Belastungsänderung. Praktisch ist gegeben das der Berechnung zugrunde zu legende Δ und h_w, während h_0, das durch den Querschnitt F bestimmt ist, gesucht wird.

In Abb. 3 sind über $\varepsilon = \frac{h_w}{h_0}$ als Abszisse die Werte $\frac{\Delta}{h_0}$ und zwar $\frac{\Delta_1}{h_0}$ für plötzliche Entlastungen von 100 vH, 75 vH und 50 vH auf Leerlauf, und $\frac{\Delta_2}{h_0}$ für plötzliche Belastungen um 100 vH, 75 vH und 50 vH auf Vollast aufgetragen. Will man unter Zugrundelegung eines dieser Fälle, die praktisch ausreichend sein dürften, h_0 bestimmen, so hat man nur durch den Ursprung O eine Gerade zu ziehen, die gegen die Abszissenachse die Neigung $\operatorname{tg}\alpha = \frac{\Delta}{h_w}$ hat. Ihr Schnitt mit der betreffenden $\frac{\Delta}{h_0}$ - Kurve liefert die Abszisse $\frac{h_w}{h_0} = \varepsilon$ und damit h_0. Der Querschnitt F bestimmt sich dann aus der Gleichung

$$F = f\,\frac{L\,c_0^2}{g\,h_w^2}\,\varepsilon^2.$$

Man liest ferner auf der zur Abszisse ε gehörigen Ordinate auch die den andern eingezeichneten Belastungsänderungen entsprechenden Werte Δ_1, Δ_2 ab und übersieht damit sofort die Größe der Spiegelschwankungen in diesen Fällen. In der Abbildung ist als Beispiel die Ursprungsgerade für den Wert $\frac{\Delta_1}{h_w}$ (für 100 vH) = 0,69 eingetragen, die $\varepsilon = 0,8$ liefert.

Abb. 2. Zeitlicher Verlauf der Wasserspiegellagen.

Abb. 3. Schaulinienbild zur raschen Bestimmung von Wasserschloßquerschnitten.

Bekanntlich ist zur Vermeidung wachsender oder stehender Schwingungen, die durch die selbsttätige Regelung der Anlage angeregt werden können, ein gewisser Mindestquerschnitt des Wasserschlosses, F_{min}, erforderlich. Die Stabilitätsbedingung läßt sich in folgender Weise darstellen. Es muß sein $h_w \geqq \frac{\psi}{2} \frac{h_0^2}{H_e}$, wo nun $h_0^2 = \frac{L f}{g F_{min}} c_0^2$ und ψ ein von den Turbineneigenschaften abhängiger Beiwert ist, der bei Francisturbinen gleich 2, bei Hochdruck-Freistrahlturbinen gleich 1 bis 1,5 gesetzt werden darf. Schreibt man für jenen Fall die Stabilitätsbedingung in der Form

$$\varepsilon_g^2 = \frac{h_w^2}{h_0^2} \geqq \frac{h_w}{H_e},$$

so läßt sich ε_g einfach in das Kurvenbild einzeichnen, wenn man auf der Ordinate einen zweiten Maßstab $\frac{h_w}{H_e}$ anlegt. Die links der Stabilitätsgrenze liegenden Werte $\varepsilon < \varepsilon_g$ scheiden damit aus.

Eine gute Regel für die Bemessung des Querschnittes F ist, ihn gleich dem 7- bis 8 fachen Querschnitt F_{min} zu machen. Die strichpunktierte Linie rechts der Stabilitätsgrenze entspricht dem Werte $F = 8\,F_{min}$. Geht man von diesem Querschnitt aus, so ergibt das bekannte $\frac{h_w}{H_e}$ sofort das zur Berechnung von F erforderliche ε und gleichzeitig alle Werte Δ_1 und Δ_2, so daß man sofort einen Überblick über die vorkommenden Überschreitungen des Ruhe- und Betriebsspiegels erhält.

Die Kurven in Abb. 3 sind nach dem von mir in der Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen 1920 S. 145 (Schweiz. Bauzeitung Bd. 98 (1921) S. 117 entwickelten Verfahren berechnet. Sind die Wasserschloßquerschnitte festgelegt, so wird man meist die wichtigsten Betriebsfälle nach einem der bekannten zeichnerischen oder rechnerischen Verfahren genau verfolgen und die Angaben der Abb. 2 nachprüfen können.

Beispiel: Es sei $L = 4000$ m, $f = 8$ m², $c_0 = 2{,}5$ m/s, $h_w = 6{,}20$ m. Bei 100 vH Entlastung soll der Ruhespiegel um höchstens 5 m überschritten werden, bei 75 vH plötzlicher Belastung soll der Betriebspiegel um höchstens 3 m unterschritten werden. Das Wasserschloß soll nach dem Kammersystem gebaut werden und der Steigschacht für das kleinste Gefälle von 254 m den doppelten Grenzquerschnitt erhalten.

Für die Entlastung um 100 vH ist:

$$\frac{\Delta_1}{h_w} = 0{,}807 \text{ und } \varepsilon = 0{,}72;$$

für die Belastung mit 75 vH ist:

$$\frac{\Delta_2}{h_w} = 0{,}484 \text{ und } \varepsilon = 0{,}61.$$

$$\frac{h_w}{H_e} = 0{,}0244 = 2{,}44 \text{ vH liefert } \varepsilon_g = 0{,}16.$$

Der Wert

$$\frac{f\,L\,c_0^2}{g\,h_w^2} = \frac{8 \cdot 4000 \cdot 6{,}25}{9{,}81 \cdot 6{,}20^2} = 530 \text{ m}^2$$

gibt durch Vervielfachen mit den ε^2 die Wasserschloßquerschnitte $F_{oben} = 275$ m² und $F_{unten} = 197$ m². Weiter ist, da $F_{min} = 13{,}6$ m², in der Mitte $F = 27{,}2$ m² zu wählen.

Stuttgart. [M 551] E. Braun.

Fördertechnik.

Wahl und Größenbestimmung der Elektrowagen-Batterien.

Der Elektrowagen[1]) als leistungsfähiges Fördermittel, als Schienenfahrzeug bis zu 20 t Nutzlast, birgt noch allerlei Verwendungsmöglichkeiten in sich, die auszunutzen der nächsten Zeit vorbehalten sein dürfte. Es wird kaum einen Betrieb geben, der sich dieses Hilfsmittels nicht mit Vorteil bedienen könnte. Seine Wirtschaftlichkeit liegt nicht sowohl in den Beschaffungs- und Betriebskosten als vielmehr in seiner vielseitigen Eignung und steht in engem Zusammenhange mit der Wahl der nach Art und Kapazität richtigen Batterie, und wenn auch eine allgemein gültige Formel in dem augenblicklichen Fluß der Entwicklung noch nicht reif ist, so ist es doch immerhin wichtig, sich mit den leitenden Grundsätzen zu beschäftigen, die sich allmählich aus den Betriebsergebnissen zu entwickeln beginnen.

Hierzu muß man sich zunächst die technischen Beziehungen zwischen Fahrzeug und Batterie und das, was von dem Fahrzeug betriebsmäßig verlangt wird, vergegenwärtigen.

Unter der Plattform des in jedem Betrieb und auf schlechtem Pflaster laufenden Karrens ist ein Batteriekasten federnd aufgehängt; in diesem ist nun eine Batterie unterzubringen, von der verlangt wird, daß sie in jeder vorkommenden Steigung und Krümmung und bei jeder nicht prüfbaren Überlastung des Fahrzeuges genügend elektrische Energie liefert, ohne während der täglichen achtstündigen Betriebsdauer einer Aufladung oder Auswechselung zu bedürfen oder vorzeitiger unwirtschaftlicher Zerstörung zu verfallen.

Im Betrieb werden daher Batterien mit Gitterplatten (*Ky*) und mit Großoberflächenplatten (*GO*) verwendet; andre Batteriearten kommen wegen ihres hohen Gewichtes vorläufig nicht in Betracht. Beide bestehen aus je zwei verschiedenen Plattensorten: Die negativen Platten der Gitterplattenbatterie sind gitterförmig ausgearbeitete Bleiplatten; sie werden mit Bleiglätte ausgestrichen, die sich bei der Formierung in Bleischwamm verwandelt. Die positiven Platten haben keine solche Füllung, sondern sind massive Bleiplatten verschiedenen Querschnittes, die sich beim Formieren mit einer festhaftenden Bleisuperoxydschicht überziehen.

Die weniger ausdauernden sind die negativen Platten, obwohl sie die doppelte Zahl Ladungen und Entladungen aushalten als die positiven Platten. Wird die Batterie rohen Erschütterungen ausgesetzt oder elektrisch sehr stark überlastet, so daß die Platten heiß werden und dadurch wachsen, so fällt die Bleiglätte aus den Gittern heraus und auf den Gefäßboden, wo sie, wenn die Schicht die beiden unteren Plattenränder eines Plattenpaares erreicht, zu Kurzschlüssen und schneller Zerstörung Anlaß gibt. Im allgemeinen wird von der Akkumulatoren-Fabrik, A.-G., die Lebensdauer zu 250 Entladungen für die positiven und zu 500 Entladungen für die negativen Platten angegeben, nach diesen sind die Platten zu erneuern, eine negative Platte überlebt also zwei positive Platten. Die gesamte Lebensdauer unter Einsatz des zweiten Satzes positiver Platten beträgt also 500 Ladungen × 5½ h + 500 Entladungen × 5 h = 5250 Nutzstunden. Das Altmaterial behält seinen erheblichen Metallwert. Diese Gitterplattenbatterie (Abb. 4 und 5) ist die leichtere und billigere.

Die negative Platte der Großoberflächenbatterie (Abb. 6 und 7) hat keine offenen Gitter, sondern Kastenform, welche die Masse festhält, so daß die Platte gegen mechanische und elektrische Einflüsse praktisch ziemlich unempfindlich ist; es können ihr kurzzeitig Ströme in fünffacher Höhe des normalen Entladestromes entnommen werden, ohne daß die Batterie darunter litte. Die Lebensdauer beträgt nach Angaben der Akkumulatoren-Fabrik, A.-G., 1000 Entladungen für die positiven Platten und 2000 für die negativen Platten, die gesamte Lebensdauer unter Einsatz des zweiten Satzes positiver Platten also 2000 Ladungen × 3½ h + 2000 Entladungen × 5 h = 17 000 Nutzstunden. Die Großoberflächenbatterie ist bei gleicher Kapazität erheblich schwerer und rd. 50 vH teurer, der Raumbedarf größer, und die Ladedauer kann bis auf 3½ h abgekürzt werden.

Beide Batterien leiden außerdem etwa in gleichem Umfange mechanisch unter den

[1]) Elektrowagen ist die vom Ausschuß für Förderwesen im AWF gewählte Bezeichnung; in der Praxis ist daneben „Elektrokarren" gebräuchlich.

Abb. 5. Lade- und Entladekurve der Gitterplattenelemente.

Abb. 4. Gitterplattenelement (AFA)

Abb. 6. Großoberflächenelement (AFA).

Abb. 7. Lade- und Entladekurve der Großoberflächenelemente.

Einflüssen schlechter Fahrbahn; sind die Platten an dem oberen Gefäßrand aufgehängt, so reißen die Fahnen ab, und stehen sie unten auf, so drücken sich die dreikantigen Unterlagen in das Blei der Platte ein.

Von sieben Firmen, die Elektrowagen bauen, verwenden drei nur Gitterplatten, zwei bevorzugen bei einem Fahrbereich von mehr als 30 km die Gitterplatte und wählen nur unterhalb dieser Grenze die Großoberflächenplatte, während zwei für die letztere eintreten. Die Post mit ihren mehreren tausend Elektromobilen hat nur Gitterplatten.

Theoretisch am richtigsten ist es, die in dem betreffenden Betriebe täglich erforderlichen Nutz-Tonnenkilometer und Leerkilometer unter Berücksichtigung des Steigungs- und Kurvenwiderstandes nach Art der Fahrplanberechnungen zu ermitteln und so die geeignete Batteriegröße und -art zu bestimmen. Solche Ermittlungen sind zeitraubend, nur für gleichbleibende Verhältnisse gültig, aber nie überflüssig, nur setzen sie eine Reihe von Kenntnissen und Versuchsergebnissen voraus, die nicht überall zur Verfügung stehen. Von sehr zweifelhaftem Werte sind die Angaben in den Druckschriften über den sogenannten „Aktionsradius", einen Begriff, der in keiner Weise festgelegt ist.

Ziemlich zuverlässig dürften aber die folgenden Ermittlungen sein: Auf ebener Geraden leistet mit einer Batterieladung ein 750 kg-Wagen von Bleichert mit zwanzigzelliger Gitterplattenbatterie von 132 Ah, 220 kg Batterie-Gewicht, vollbeladen 28 Nutz-Tonnenkilometer = 42 km, leer 65 km, ein 1500 kg-Wagen mit zwanzigzelliger Gitterplattenbatterie von 240 Ah, 350 kg Batterie-Gewicht, vollbeladen 82 Nutz-Tonnenkilometer = 55 km, leer 90 km.

An Kapazität sind bis zu 320 Ah in Form der Gitterplattenbatterie in den 1500 kg-Wagen eingebaut; damit sind Fahrzeuge entstanden, die mit voller Last bei 40 A Stromverbrauch und 12 km Stundengeschwindigkeit mit einer Batterieladung bis zu 96 km zurücklegen und bis zu 144 Nutz-Tonnenkilometer leisten.

Aus Zahlentafel 1 können bereits Schlüsse über die Eignung der verschiedenen Batterien für bestimmte Betriebsleistungen gezogen werden. Die Großoberflächenbatterie ist die langlebige, die Gitterplattenbatterie hat den unerreicht großen Ausnutzungsfaktor.

Stellt man die Betriebskostenrechnungen für zwei Batterien gleicher Kapazität, aber verschiedener Bauart einander gegenüber, so ergibt sich bei Ausnutzung bis auf den Altmaterialwert unter Einsatz eines zweiten positiven Plattensatzes etwa:

für die 39zellige III GO-Batterie von 3 × 21 Ah Kapazität

Anlagekapital der vollständigen Batterie	39 × 37,— ℳ	rd. 1450,— ℳ
des zweiten positiven Plattensatzes	39 × 7,05 ℳ	„ 274,95 „
Ersatz von Holzbrettchen	234 × 5,25 ₰	„ 12,29 „
Gummikästen	14 × 5,25 ℳ	„ 73,50 „
Arbeitzeit 3,3 × 32 × 0,70 ℳ		73,92 „
		1884,66 ℳ
ab Altmaterial		− 100,— „
		1784,— ℳ

In der Lebenszeit von 2000 Entladungen leistet die Batterie 80 V × 3 h × 21 A × 2000 = 10 080 kWh (im Jahre zu 300 achtstündigen Schichten also 1821 kWh).

Diese 10 080 kWh der GO-Batterie verursachen

an Batteriekosten	1784,— ℳ
an Ladestromkosten bei 72 vH Wirkungsgrad der Batterie $\frac{10\,080}{0,72} \times 10$ ₰	1400,— „
	3184,— ℳ

Die der Großoberflächenbatterie entnommene kWh kostet also $\frac{3184}{10\,080} = 31,5$ ₰.

Für die 40 zellige Ky-Batterie von 3 × 24 Ah

Anlagekapital der vollständigen Batterie	40 × 24,50 ℳ	rd. 980,— ℳ
des zweiten positiven Plattensatzes	40 × 5,09 ℳ	„ 203,60 „
Ersatz von Holzbrettchen	240 × 4,95 ₰	„ 11,88 „
Gummikästen	4 × 3,40 ℳ	„ 13,60 „
Hartgummitrennstücke	240 × 22,5 ₰	„ 54,— „
Arbeitzeit 3,3 × 32 × 0,70 ℳ		73,92 „
		1337,— ℳ

Zahlentafel. 1.

Lieferfirma	Tragfähigkeit kg	Rad- Spur mm	Dmr. mm	Breite mm	Stand mm	lenkbar	Fahrkreis Rmin innen mm	außen mm	Plattform lang mm	breit mm	Höhe über Boden mm	Fahrgeschwindigkeitsstufen km/h			Motoren Zahl	kW	PS	n	Bremsen Kurzschluß	Mechanisch Hand	Fuß	Batterie der Batterieraum reicht für Type	Zellen
SSW . . .	1500	910	540	85	1250	4	500	2000	2800	1200	630	3		10	2	0,65			1		1	GO	40
																						Ky	40
																						„	40
																						„	40
	750	580	420	70	980	2	1000	2100	1420	800	600				1	1,1						GO	20
																						Ky	20
																						„	20
Bleichert . .	1500		500	85	1400	2	1400	3200	2200	1100	600	4,5		10	1		3	950	1	1		GO	20
																						Ky	20
																						„	20
	750		490	65	1100	2	1200	2700	1800	1000	525	4		9	1		2,25	950	1	1		„	20
MAN . . .	1500		500	85	1250	2	0	1900	2150	1340	630	4,5	6,5	9	2		1	550	1		1	„	42
AEG . . .	2500		510	100		2								7	2		2,2		1		1		
	1500		500	85	1400	4	675	2250	2200	1120	608	2	5	7	2	0,9		1600	1		1		
	750		400		950	2	675	2250	1700	900	608	2	5	7	1	0,9		1600	1		1		
Hansa-Lloyd	1500	800	530	85	1500	2	2000		2200	1100	630	4		12	1		5		1		1	„	20
Eßlingen . .	1500				1460	2	1400		2030	980	645	3		15	2	1,8		1300	1		1	GO	
	750				1260	2	1200		1800	920	605	4		12	1	1,8		1300	1		1	„	
Schiemann .	1000	924	400		1500	4			2175	1130	500			8	1	1,5		1600					

	Übertrag	1337,— ℳ
ab Altmaterial		— 47,— „
		1290,— ℳ

In der Lebenszeit von 500 Entladungen leistet die Batterie 80 V × 3 h × 24 A × 500 = 2880 kWh (im Jahre zu 300 achtstündigen Schichten also 1728 kWh).

Die 2880 kWh der Ky-Batterie verursachen

an Batteriekosten	1290,— ℳ
an Ladestromkosten bei 72 vH Wirkungsgrad der Batterie $\frac{2880}{0,72} \times 10$ ₰	400,— „
	1690,— ℳ

Die der Gitterplatten-Batterie entnommene kWh kostet also $\frac{1690}{2880}$ = rd. 59 ₰.

Wo es sich um das Herausholen von Höchstleistungen aus dem Karren handelt, kann die Höhe dieser Kosten nicht entscheiden zwischen GO- und Ky-Batterie; denn die für solche Höchstleistungen notwendige große Kapazität der Batterie ist in dem konstruktiv verfügbaren Raume nur in der Form einer Ky-Batterie unterzubringen, ohne den Karren größer zu bauen, was Raumbedarf, Wendigkeit und Eigengewicht sehr stark beeinflussen würde. Wo indessen solche Höchstleistungen nicht in Betracht kommen, der Wagen sich nicht allzu weit von der Ladestelle entfernt und der Bedarf an Kapazität nicht so groß ist, wird die GO-Batterie immerhin ausreichen; bei gleicher Kapazität ist sie aber teurer und schwerer.

Die beiden Batteriearten fordern verschiedene Behandlung: Während die Gitterplattenzelle über die bekanntlich bei rd. 2,4 V für eine Zelle auftretende Gasentwicklung hinaus mit allmählich bis auf ¼ verringerter Stromstärke noch weiter etwa 1½ bis 2 h nachzuladen ist, braucht die Großoberflächenbatterie über die lebhafte Gasentwicklung hinaus mit ½ der listenmäßigen Ladestromstärke nur noch ½ h weiter geladen zu werden. Beide Batterien sind gegen zeitweilige Außerbetriebsetzungen wenig empfindlich; will man sie in geladenem Zustande längere Zeit abstellen, so ist es aber zweckmäßig, sie ununterbrochen mit sehr schwachem Strom, (vorgeschaltete Glühlampe), auf Ladung zu halten; während dieser Zeit darf ihnen kein Strom entnommen werden. Zur sachgemäßen Behandlung gehört die monatliche Ruhepausenladung, die auch nach zu tiefer Entladung vorzunehmen ist, die wöchentlich einmalige vollständige Entladung und das Vermeiden ungenügenden Aufladens. Die eingehenden Bedienungsvorschriften machen bei sorgfältiger Beachtung die Unterhaltung leicht, da aber die Batteriekosten den wesentlichsten Bestandteil der ganzen Anlagekosten darstellen, muß die betriebführende Stelle dafür sorgen, daß die Vorschriften auch beachtet werden. Wenn man auch den Elektrowagen selbst mit 100 vH überlasten und schließlich auch ohne Nachteil noch in andrer Weise mißhandeln kann, so bleibt dies hinsichtlich der Batterie unzulässig, man wird ihre Pflege, Behandlung und Ladung daher selbstverständlich nicht jedem ungelernten Arbeiter anvertrauen dürfen, sondern damit einen zuverlässigen Wagenführer beauftragen müssen, der sich seiner Verantwortlichkeit bewußt und entsprechend angelernt ist, andernfalls werden die 250 oder 1000 Entladungen der positiven Platten nicht erreicht werden. [M 416]

Dresden. Schulz.

Batterie Kapazität		Gewicht kg		mit einer Ladung auf eben. gerader Strecke		Lebensarbeit		Lebensarbeit / Lebensdauer = Ausnutzungsfaktor
Ah	kWh	Batterie	Karren	km	Nutz-tkm	Entladungen	Nutz-tkm	
63	5,04	560	675	29	37	2000	74 000	4,35
106	8,48	360		49	55	500	27 500	5,25
132	10,56	440		60	85	500	42 500	8,09
200	16,—	560		92	119	500	59 500	11,30
63	2,52	280	375	20	13	2000	26 000	1,53
106	4,24	180		34	23	500	11 500	2,20
132	5,28	220		42	28	500	14 000	2,66
140	5,60	470	950	32	44	2000	88 000	5,18
240	9,60	350		55	82	500	41 000	7,80
320	12,80	440		73	103	500	51 500	9,80
132	5.28	220	800	42	28	500	14 000	2,66
80	6,40	260	840					
			750					
240	9,60	350	750					

Dampfkessel.

Entwurf von Hochleistungskesseln.

In einer Abhandlung, die im Heft 8 der Zeitschrift „Archiv für Wärmewirtschaft" erscheinen wird, befaßt sich Dipl.-Ing. Seeberger, Berlin-Tegel, mit der Frage, wie weit die fortschreitende Entwicklung im Dampfkesselbau Anlaß dazu gibt, die Bauteile, die sich bisher bewährt haben, beim Bau von Kesseln von großer Leistung und hohem Druck zu ändern. Die Untersuchung erstreckt sich auf Nietverbindungen, Kesseltrommeln und Siederohre.

Beim Nieten erleidet das Niet eine zweifache Formänderung, nämlich durch die Einwirkung des Niethammers oder Preßstempels und durch den Temperaturausgleich. Die Längszusammenziehung des Nietschaftes unter dem Einfluß des Temperaturausgleichs erzeugt Spannungen, die unter Umständen die Zerreißfestigkeit des Nietmaterials übersteigen. Entscheidend hierfür sind, abgesehen von der Zähigkeit des Nietmaterials, der Temperaturunterschied zwischen Niet und Blech in dem Augenblick, wo das Niet geschlossen wird, ferner der Nachpreßdruck und die Schließzeit. Da die spezifische Längenänderung bei der Abkühlung eine bestimmte Größe nicht überschreiten darf, so ist es nicht ratsam, ein gewisses Verhältnis von Nietdurchmesser zu Klemmlänge zu unterschreiten.

Das Nietloch unterliegt beim Formen des Niets, insbesondere beim hydraulischen, einem inneren Druck. Aus diesem Lochlaibungsdruck kann man die Materialspannung um das Nietloch berechnen, indem man das Nietloch als ein Rohr mit unendlich dicker Wand behandelt. Die Rechnung ergibt, daß schon bei verhältnismäßig niedrigen Nietdrücken Lochrandspannungen auftreten, die die Zerreißfestigkeit des Blechs erheblich übersteigen. Die Rechnung ergibt aber auch, daß diese Spannungen mit wachsender Entfernung von der Lochmitte sehr rasch abnehmen. In jedem Nietloch können demnach schon von Anfang an Haarrisse vorhanden sein. Ihr Einfluß auf die Festigkeit der Naht hat aber bei richtiger Anwendung der Nietung keine Bedeutung.

Wichtiger als diese möglichen Haarrisse ist die Zone um das Nietloch, worin während des Nietens die Materialspannungen die Streckgrenze überschritten haben, wo also bleibende Formänderung oder Kaltreckung auftritt. Die Größe dieser Kaltreckungszone kann man in Abhängigkeit von Durchmesser, Nietdruck und Materialzähigkeit darstellen. Dabei zeigt sich, daß die Zone bei starken Nieten verhältnismäßig größer als bei schwachen Nieten ist.

Versuche haben gezeigt, daß in jeder Kesseltrommel zuzeiten Temperaturunterschiede auftreten. Diese bedingen Krümmungen der Trommel. An sich sind solche Krümmungen nicht gefährlich, sie können es aber werden, wenn die Trommel durch ein steifes Rohrsystem gehindert wird, die dem Temperaturunterschied entsprechende Form anzunehmen. Daraus ergeben sich gewisse Bedingung für die Gestaltung der Siederohre. Auch auf die Festigkeit von Rundlaschen haben diese Zusammenhänge Einfluß. Manche Erfahrungen aus der Praxis zeigen, zu welchen Schwierigkeiten es führt, wenn man die Eigenarten des Kessels von hoher Leistung und hohem Druck in der Konstruktion nicht genügend berücksichtigt, z. B. bei unrichtiger Anwendung des Dreitrommel-Steilrohrkessels. Nietloch- und Krempenrisse können so schon durch die Konstruktion bedingt sein. Auch das eigenartige Auftreten von Rissen unterhalb der Wasserlinie bei Böden mit kleinen Krempenhalbmessern kann so eine zwanglose Erklärung finden. Sie werden auf zusätzliche wechselnde Biegungsanstrengung der unter dem Wasserspiegel liegenden Teile der Bodenkrempe, hervorgerufen durch die Bauart des Kessels, zurückgeführt. [N 733]

Normung.

Karteimäßiger Druck von Zeitschriftenseiten.

Das Eisenbahn-Zentralamt gibt auf Anregung seines früheren Präsidenten Hammer seit dem 1. Januar 1925 sein amtliches Blatt: „Mitteilungen des Eisenbahn-Zentralamts" in einer neuartigen Form, nämlich in karteimäßigem Druck heraus. Die einzelne Seite (Din-Format A 4) ist in vier Felder geteilt, die demnach jedes das Din-Format A 6 (105/148 mm) haben. Auseinandergeschnitten können die einzelnen Teilblätter bequem in Karteien oder Ringbüchern in bestimmter Ordnung — nach Arbeitsgebieten und dergl. — gesammelt werden.

Die „Mitteilungen" des Eisenbahn-Zentralamts werden, soweit das große Gebiet des Abnahmedienstes in Frage kommt, von den beteiligten Beamten nur noch karteimäßig verwertet. Zu dem Zwecke ist eine Karteiordnung aufgestellt worden, die den gesamten Abnahmedienst nach Einzelgebieten, Gegenständen usw. zergliedert. Die Karteiblätter tragen am Kopfe Abstellzeichen nach der Karteiordnung und werden danach in der Kartei (Kasten oder Ringbuch) gesammelt.

Bei der Ausgestaltung des Verfahrens hat die Technisch-Wissenschaftliche Lehrmittelzentrale in Berlin NW 87 beratend mitgewirkt. [N 759]

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen. Von Friedrich Barth. 4. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 161 Abb. u. 3 Taf. Preis 16 ℳ.

Durch Streichen der mehr juristischen als technischen Kapitel über „Übernahme von Maschinenanlagen, Mängelrügen" und „Eigentumsvorbehalt an Maschinen" ist es dem Verfasser trotz zahlreicher Ergänzungen gelungen, den Umfang der 3. Auflage nicht zu überschreiten. Auch diese 4. Auflage des bekannten Buches zeigt alle Vorzüge der älteren Auflagen: Geschickte, übersichtliche Anordnung, klare Abbildungen, Wiedergabe wertvoller Erfahrungen und Betriebsregeln, wie auch von Maßnahmen bei Betriebstörungen. Das Barthsche Werk ist infolge seiner Zuverlässigkeit und Reichhaltigkeit ein unentbehrlicher Ratgeber für alle Ingenieure geworden, die mit den durch den Buchtitel gekennzeichneten Aufgaben zu tun haben. [E 686] H. D.

Der Bau der Starrluftschiffe. Ein Leitfaden für Konstrukteure und Statiker. Von Johannes Schwengler. Berlin 1925, Julius Springer. 97 S. m. 33 Abb. Preis 4,80 ℳ.

Das Buch soll ein „kurzer Leitfaden" sein, um Konstrukteure und Statiker, die bisher mit dem Luftschiff noch nichts zu tun gehabt haben, in die Besonderheiten des Luftschiffbaues einzuführen. Da es Bücher dieser Art über Luftschiffwesen überhaupt noch nicht gibt, ist es zu begrüßen, daß es hier ein Statiker, der selbst einmal im Luftschiffbau praktisch tätig war, unternimmt, andern einen technisch-rechnerischen Einblick in das Gebiet der Beanspruchungen und der Berechnung und Konstruktion des Gerippes eines Starrluftschiffes zu geben.

Voraussetzen kann man bei der Abfassung einer solchen Arbeit aus dem Luftschiffgebiet an wirklichem Wissen bei dem Leser, mag er auch sonst technisch gebildet sein, im allgemeinen herzlich wenig. Richtigerweise legt daher der Verfasser nach einer kurzen geschichtlichen Betrachtung über die Entwicklung des Starrluftschiffes und des Leichtbaues, zunächst in großen Zügen die allgemeinen Verhältnisse des Luftschiffes dar, die Gesamtanordnung der Einrichtungen und der Konstruktion, die Ausbildung der Einzelheiten im Träger- und Gerippebau. Sodann behandelt er die Bau- und Gewichtverhältnisse, Nutzlast, Geschwindigkeit, Reisewege, Betriebstoffverbrauch, Schiffsgröße, Trimmlage, Luftwiderstand (Form- und Reibungswiderstand des Schiffskörpers und der Anhängsel), sowie die Abhängigkeit dieser einzelnen Größen voneinander und ihren Einfluß auf die Festigkeitsverhältnisse des Schiffes, die er daran anschließend vom Standpunkte des Statikers betrachtet. In praktischen Zahlenbeispielen wird ein Überblick über die Art der Beanspruchungen durch Gewicht, Luftwiderstand und Einzelkräfte, ihre Berechnung und die zur Aufnahme dieser Kräfte nötigen Konstruktionen und die Baustoffe gegeben. Insbesondere werden die beim Luftschiff recht verschiedenartigen Möglichkeiten der Zusatzbelastung im Betriebe, z. B. durch Leerlaufen von Zellen, Steuerkräfte, falsche Trimmung der Lasten usw. näher behandelt und im einzelnen gezeigt, wie die Längsträger und Querringe insgesamt und als Einzelträger berechnet werden.

In den allgemeinen Fragen des Luftschiffes, der Hallen und Ankermaste am Schluß des Buches kann man teilweise andrer Ansicht als der Verfasser sein. Bei einer neuen Auflage wäre Beschränkung auf das eigentliche Stoffgebiet der statischen Berechnung der Starrluftschiffe dem Buch zum Vorteil. Ebenso wäre es für einen Ingenieur vielleicht wertvoll, neben der Berechnung auch einige Zahlenbeispiele über die wirklichen Abmessungen von Trägern und Verspannungen zu erfahren.
[E 664] Engberding.

Bau und Betrieb moderner Konverterstahlwerke und Kleinbessemereien. Eine Darstellung von Hubert Hermanns. Halle 1925, Wilh. Knapp. 251 S. m. 217 Abb. Preis 12 ℳ.

Nachdem der in Fachkreisen bekannte Verfasser 1922 ein Buch „Das moderne Siemens-Martinwerk" herausgebracht hatte, übergibt er heute ein gleichartiges Werk über die Windfrischverfahren mit dem Titel „Bau und Betrieb moderner Konverterstahlwerke und Kleinbessemereien" der Öffentlichkeit. Er bezeichnet es als eine Darstellung der metallurgischen und mechanischen Hilfsmittel der Stahlerzeugung nach dem Bessemerverfahren und hat ebenso wie bei der früheren Veröffentlichung die konstruktiven Gesichtspunkte sowohl der Stahlwerkanlagen als auch der einzelnen Apparate und Einrichtungen in den Vordergrund gestellt. Die metallurgischen Fragen werden für alle Windfrischverfahren gemeinsam behandelt und im ersten Teile des Werkes nach einem geschichtlichen Überblick in großen Umrissen unter Benutzung von Schaubildern und Tafeln soweit behandelt, als es zum Verständnis der Betriebnotwendigkeiten und zur Kennzeichnung der verschiedenen Verfahren notwendig ist. Den größten Umfang nimmt die Behandlung der betriebstechnischen und konstruktiven Aufgaben der Stahlwerke ein und hier hat der Verfasser einen reichhaltigen Stoff zusammengetragen und nach dem heutigen Stande der Technik bearbeitet, indem er meistens von in Zeichnungen, Bildern und Skizzen dargestellten Ausführungsformen ausgeht. Dabei sind nicht nur die Stahlwerkanlagen selbst, sondern auch die Nebenbetriebe, Kuppelöfen, Dolomitanlage, Schlackenmühle, Gießgrubenbetrieb, bedacht worden. Entsprechend der wirtschaftlichen Bedeutung ist der Thomasbetrieb genauer behandelt worden, als der Bessemerbetrieb, außerdem findet sich eine eingehende Darstellung über den Kleinkonverterbetrieb vor.

Das Werk bietet in seiner Reichhaltigkeit des Stoffes, seiner übersichtlichen und elementaren Darstellung, seiner Ausstattung und dem sehr reichhaltigen Quellennachweis solche Vorzüge, daß es zweifellos eine ebenso gute Aufnahme verdient, wie das ältere Buch über das Martinstahlwerk. [E 494] Diepschlag.

Hundert Versuche aus der Mechanik. Von Georg v. Hanffstengel. Berlin 1925, Julius Springer. 49 S. m. 100 Abb. Preis 3,30 ℳ.

Städtisches Gaswerk Augsburg-Oberhausen. Erinnerung an die 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure zu Augsburg am 9. bis 11. Mai 1925. Herausgegeben von der Direktion des Städt. Gaswerkes Augsburg. 4 S. m. versch. Abb.

Nordamerikanische Betonstraßen. Von A. Kleinlogel. Charlottenburg 1925, Zementverlag G. m. b. H. 94 S. m. 98 Abb. Preis geh. 2,50 ℳ.

Vom Relativen zum Absoluten. Von Max Planck. Leipzig 1925, S. Hirzel. 24 S. Preis 1,25 ℳ.

Die deutsche Volkswirtschaft 1924/25. Von Karl Eugen Nickel. Cöthen-Anhalt 1925, J. E. Kurth. 112 S. Preis 2,80 ℳ.

Das heutige Rußland. H. 1: Grundlagen der russischen Schwerindustrie. Von S. von Bubnoff. Berlin 1925, Hermann Sack. 69 S. Preis 2,30 ℳ.

Wie baue ich einen einfachen Röhren-Empfänger? Von Karl Treyse. Berlin 1925, Julius Springer. 46 S. m. 28 Abb. Preis 1,35 ℳ. (Bibliothek d. Radio-Amateurs Bd. 13.)

Eigner Herd ist Goldes wert. Von Max Spindler. Wiesbaden 1925, Heimkulturverlag. 12. Aufl. 102 S. m. versch. Abb. Preis 4,50 ℳ.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 25. JULI 1925 NR. 30

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 992.

Die Erfindung, von der Technik und vom Patentrecht aus gesehen.

Von Dr. Richard Wirth, Frankfurt a. Main.

Die mangelnde Übereinstimmung der Sprache und Begriffswelt deutscher Patentschriften mit der Sprache und Denkweise der wissenschaftlichen und schaffenden Technik ist nur teilweise durch die Verschiedenheit der Zwecke und Denkweisen des Rechtes und der Technik bedingt. Zum andern Teil beruht sie auf Mängeln der philosophischen Durchdringung und auf der Schematisierung von Sprache und Begriffen. Das Buch von Müller-Liebenau weist einen nicht ganz leichten und noch nicht vollkommenen Weg der begrifflichen Erfassung technischer Dinge durch Herausstellung ihrer Kausalität, die dem Wesen der Technik entspricht und eine bessere Grundlage zur Erkenntnis und Darstellung von Erfindungen werden kann.

Deutsche Patentschriften sprechen fast durchgängig eine andre Sprache als das ernste technische Schrifttum, soweit bei ihm nicht gelegentlich Patentsachverständige ihre Ausdrucksweise unwillkürlich mit einfließen lassen. Das ist selbstverständlich der äußere Ausdruck und auch der Beweis für die Verschiedenartigkeit einzelner Denkarten. Dabei sind jedoch natürlich die Grundstöcke des Denkens gleichartig, wenn man etwa roh das Denken der mechanischen, chemischen und elektrischen Technik unterscheidet oder das naturwissenschaftliche Denken als gemeinschaftliche Grundlage nimmt. Selbstverständlich ist auch beiden gemeinsam die Abwandlung oder Weiterbildung des rein der Erkenntnis dienenden, wissenschaftlichen Denkens auf Anwendung der Erkenntnis, auf konstruktives Denken, und drittens ist die grundsätzliche Verbindung mit wirtschaftlichem Denken der schaffenden und schreibenden Technik und dem Patentrecht gemeinsam.

Wo liegen nun die Unterschiede, und inwiefern sind sie namentlich deshalb berechtigt, weil ein technischer Gegenstand, im besonderen eine Erfindung, von dem Standpunkt des Rechtes aus gesehen, in einigem anders aussehen muß als vom Standpunkt des rein auf Können und technische Leistung und Wirtschaftlichkeit eingestellten Technikers? So hat die Patentschrift doch auch einen Rechtswillen auszudrücken, nicht nur technische Erkenntnis. Hier ist eine Hauptquelle des Zwiespalts. Derjenige, der eine Erkenntnis nur um der Erkenntnis willen ausdrückt, macht das anders — praktisch — als einer, der eine Erkenntnis ausdrückt, um damit ein möglichst weites Gebiet der Rechtsherrschaft zu begründen. Eine Folge und eine besondere Seite dieses Zwiespalts ist es, daß der Patentanwalt dem Erfinder, namentlich dem Chemiker, öfters bei der heutigen Rechtslage sagen muß, er müsse bei der Abfassung seiner Patentschrift etwas von der peinlichen Gewissenhaftigkeit und dem Verantwortungsgefühl nachlassen, das ihn bei einer rein wissenschaftlichen Veröffentlichung leitet.

Ein wichtiger, objektiver Gesichtspunkt für das Patentrecht wird aber auch durch den Zwang gegeben, daß die technische Darstellung möglichst scharfe und bestimmte Grenzen zwischen dem Alten und dem Neuen in einem technischen Gegenstand ziehen und das Neue möglichst als eine in sich geschlossene, technische Vorstellung darbieten soll. Dieser Standpunkt, den man den geschichtlichen nennen kann, ist natürlich auch dem schaffenden Techniker nicht fremd. Soweit er aber nur auf Schaffen eingestellt ist, also eine von Rechtsrücksichten und Erfinderehrgeiz freie Idealgestalt ist, ist ihm gleichgültig, welche seiner Bausteine alt und welche neu sind, wenn sie nur zusammenwirkend das gewünschte Ergebnis liefern. Der patentrechtlich unberührte Techniker ist erstaunt, wenn er in einem Patentanspruch den Ausdruck eines technischen Gedankens als eine Zusammenstellung von „Merkmalen" wiedergegeben findet, zudem noch sorgfältig gegliedert in eine Gruppe am Anfang des Patentanspruchs und eine zweite am Ende, verbunden durch die Worte „dadurch gekennzeichnet, daß", wobei wir auch noch voraussetzen wollen, daß dieser Techniker die ganze Technik so kennt und auffaßt wie der Patentschriftenverfasser.

Er wundert sich meist über zweierlei. Erstens darüber, daß diese Merkmale Beschaffenheitsangaben rein äußerlicher Art sind — bei einer Maschine eine Beschreibung von Eigenschaften der einzelnen Maschinenteile und ihrer Verknüpfungen, bei einem chemischen Verfahren die zusammengegebenen Stoffe und die Mischungstemperatur —, daß er aber über Sinn und Zweck solcher Gestaltung und Veranstaltung allermeist nichts unmittelbar erfährt. Und das für i h n Wesentliche zu finden, hat er nur einen gewissen Anhalt in einem Ausdruck des einleitenden Satzes, daß nämlich die folgenden Gestaltungen sich z. B. an einer Dampfmaschine oder Dampfmaschinensteuerung befinden, oder daß die Reaktion zur Herstellung eines Farbstoffes dient. Wie diese beschriebenen Gestaltungen wirken, welche Bewegungen bei der Maschine infolge der Gestaltung der Getriebeteile eintreten, was diese Bewegungen für die Dynamik der Maschine und für ihre Wirtschaftlichkeit hinsichtlich Herstellung und Betrieb bedeuten, wird nicht ausgeführt.

Der Chemiker ist nicht zufrieden, zu wissen, daß die Reaktion überhaupt einen Farbstoff gibt, sondern möchte erfahren, was dessen Sinn und Bedeutung gegenüber anderen Farbstoffen sei, ob er vielleicht nur billiger oder besser ist, oder beides, oder teurer und besser. Der mit den Gesetzen der Mechanik vertraute Ingenieur wird nun öfters von dem in dem Patentanspruch Mitgeteilten über die Beschaffenheit von M i t t e l n auf Grund seiner wissenschaftlichen Ausbildung schlußfolgernd die Wirkung und die Vorteile der Wirkung gegenüber Altem oder die billigere Herstellungsweise der Mittel erkennen können, der Chemiker aber dann nicht, wenn die auf neuen Versuchen beruhende Erfindung keinen Schluß von Mitteln oder Ursachen auf Wirkung und Zweck zuläßt.

Die zweite Eigentümlichkeit der gelegentlich auch Steckbrief genannten Merkmale des Patentanspruchs, die den Techniker in Erstaunen versetzt, ist sehr oft ihre abstrakte Form. Er würde in seiner Sprache sagen, daß hier doch nur ein ganz allgemeiner Umriß eines technischen Gegenstandes vorliege, nur eine Beschreibung seines g r u n d s ä t z l i c h e n Aufbaues, nur eine bloße Idee und daß deshalb nur ein geringer Teil seines g a n z e n Aufbaues beschrieben ist, daß er sich hieraus eine richtige und brauchbare Vorstellung des Gegenstandes oder Verfahrens überhaupt nicht machen könne, ja daß die am wichtigsten

und oft am schwierigsten erscheinende Aufgabe, nämlich die Ausgestaltung der allgemeinen Gedanken zu einem brauchbaren technischen Gebilde, überhaupt nicht vorhanden sei, daß diese Beschreibung — ganz allgemein — noch viele Aufgaben übrig lasse. Wenn es allerdings nur auf die Neuheit ankomme, so gebe diese Beschreibung wohl Unterschiede gegenüber dem Alten an, aber ob das die letzten und wichtigsten und alle Unterschiede seien, das könne niemand sehen, denn dafür müsse man Wirkung und Zweck des Ganzen sowie Sonderwirkung und Sonderzwecke des Neuen erkennen.

Der Philosoph wird diesem Techniker sagen, er habe ganz recht; grundsätzlich sei ein solcher Anspruch aufgebaut von dem Gesichtspunkt der Kausalität der Technik aus und nicht auch der Teleologie, und dabei auch hinsichtlich der Kausalität nur lückenhaft, indem nur Ursachen und nicht die Wirkungen zum Ausdruck gekommen seien. Im letzten Falle seien auch die Ursachen selbst nur lückenhaft wiedergegeben, namentlich nicht alle für die Wirkung hinreichenden und unentbehrlichen Beschaffenheiten der Ursache, sondern nur einige Teilursachen, wenn auch zugegeben werden müsse, daß diese Teilursachen gerade etwas Neues an dem ganzen Kausalgefüge seien.

Wenn der Philosoph weiter dazu sagt, daß der Aufbau des Patentanspruchs aus einem einleitenden, den Typ eines technischen Gebildes beschreibenden Teil besteht, von dem Logiker nächster Gattungsbegriff oder genus proximum genannt, daß dann Artmerkmale oder differentia specifica folgen, und daß Aristoteles diese Denkform erfunden habe, nicht gerade um mit ihr technische Dinge oder Erfindungen besser fassen und begreifen zu können, so wird er mit einem Kopfschütteln antworten.

Diese Ablehnung würde erst recht dem Patentrechtler bei der Erklärung zuteil, ein Patent solle nach einem Ausspruch des Reichsgerichts so verstanden werden, wie der Techniker es verstehe. Von einem nicht auf den üblichen technischen Denkformen beruhenden sprachlichen Ausdruck, so wird der Techniker impulsiv übertreibend entgegenhalten, könne man überhaupt nicht erwarten, daß er ihn verstehe, das sei eine falsche Vorstellung des Reichsgerichts. Und da er auf Produktion, auf Abstellung von Schäden eingestellt ist, fragt er weiter, wer denn diese Patent-Formgebung erfunden und damit Aristoteles wieder erweckt habe, und ob es denn im Patentamt keine Möglichkeit gebe, unaristotelische Techniker in für Techniker verständlicher Sprache sagen zu lassen, was sie meinten. Beiläufig sei das, was ganz vorn, in der Patentbeschreibung stehe, viel verständlicher trotz einiger Rätselhaftigkeit, und fast ganz verständlich sei der zwischen der Einleitung und dem Patentanspruch stehende Wortlaut, obwohl auch noch reichlich schematisch und an zuviel Stellen mit undeutlichen Bemerkungen versehen, daß man z. B. etwas auch anders machen könne, aber nicht wie. Das gelte namentlich von dem Schlußsatz, der teils selbstverständlich sei, soweit er auf bekannte Dinge hinweise, teils ganz leer und unverständlich, insofern er auf unbestimmte Zukunftsmöglichkeiten von Abänderungen der Erfindung Bezug nehme.

Und nun wollen wir den Rechtsphilosophen zu dem Techniker sprechen lassen, um ihm eine Ahnung davon zu geben, daß er teilweise recht und teilweise unrecht habe, daß die heutige deutsche Patentschrift — und ausländische, amerikanische im besonderen, natürlich auch — etwas anderes will als eine technische Abhandlung, und sich deshalb auf untechnisches, d. h. die eigentliche Technik überschreitendes, damit aber noch nicht ihr widersprechendes Gebiet begeben müsse. Der Techniker wird daraus erfahren, daß für die Rechtszwecke eine andere begriffliche Formung notwendig ist als für Produktionszwecke, Unterrichtszwecke, Zwecke der wissenschaftlichen Forschung. Die aristotelische Begriffslogik, im besonderen wie sie von der Scholastik ausgebildet worden ist, hat eine Berechtigung und war bestimmt für ganz andere Gebiete; sie bedeutet die gedankliche Ordnung einer ganz bestimmten Weltanschauung. Sie herrscht mehr oder weniger noch in vielen Teilen des Rechts und wird hier von dem Techniker am härtesten als übertriebene, juristische Überschätzung leerer Formen verurteilt. Neuzeitliche Logiker und Rechtswissenschaftler vertreten sie nicht mehr, wenn auch ihr Ersatz durch eine bessere systematische und vollkommene Begriffsbestimmungslehre eine noch zu lösende Aufgabe der Philosophie ist. In der Rechtsgeschichte aber bedeutet diese starre Begrifflichkeit, verbunden mit äußerster Strenge im Zivil- und Strafrecht, die allererste Entwicklungsstufe.

Zaghaft und unvollkommen beginnt man sich stellenweise seit einigen Jahren von dieser Denk- und Ausdrucksweise zu lösen, nachdem das Deutsche Patentamt nur allzulange darin verharrt hat, beiläufig nicht durch Schuld der Juristen im Patentamt. Die Lösung geht merkwürdigerweise unter dem Druck der Juristen der Patentverletzungsgerichte, namentlich des Reichsgerichts, vor sich, wenn auch mit einigen bedenklichen Nebenerscheinungen. Es soll hier nicht auf die umfangreiche und heftige Erörterung eingegangen werden, die namentlich abgestellt auf die Frage „Bestimmung von Schutzgegenstand und Schutzgrenzen durch Patentamt oder Gericht oder Patentamt und Gericht" in den Fachvereinen und im Fachschrifttum im Gange ist. Hier ist die Frage namentlich mit der des technischen Richters verquickt worden, und was hier vorliegt, läßt sich kurz, und der Deutlichkeit halber übertreibend, so sagen: Die Gerichte konnten in allzuvielen Fällen in dem Text von Patentansprüchen gar keinen Sinn finden oder nicht den der Erfindung gerecht werdenden Sinn. Sie konnten in dem Prüfungsergebnis des Patentamtes in allzuvielen Fällen nicht finden, daß das, worauf es im Patentverletzungsprozeß ankomme, überhaupt geprüft worden sei, dagegen sehr viel Erörterung der erwähnten Formfragen, die ihnen höchst unwichtig und kleinlich schien. Deshalb sahen sie sich gezwungen, der Gerechtigkeit halber dem Patentanspruch zum mindesten seine formalrechtlich entscheidende Stellung zu nehmen und dem ganzen Inhalt der übrigen Patentbeschreibung nahezu dieselbe Bedeutung zuzumessen, d. h. den wahren und letzten Sinn der Erfindung unter Zugrundelegung der ganzen Patentschrift oder gar auch von Einzelheiten der Zeichnungen zu suchen. Mangels technischer Bildung, aber auch mangels gehöriger technischer Unterrichtung durch Parteien und Sachverständige, haben die Richter des öfteren etwas Falsches als Sinn der Erfindung angesehen. Und für verwickelte und schwer verständliche technische Dinge haben sie zugegeben, daß diesem Mangel vielleicht durch eine lebhaftere Beteiligung von Technikern an der Rechtsprechung, gegebenenfalls auch als Beisitzer des Gerichts, abgeholfen werden könne. Für die Berufung in Nichtigkeitssachen bei dem Reichsgericht hatte das Patentgesetz selbst schon einen Schritt in dieser Richtung getan, indem es den gerichtlichen Sachverständigen auch in das Beratungszimmer des Gerichts zuließ.

Diese Unvollkommenheiten der Patentprüfung und Patentschriftenverfassung zu beseitigen und in das Wesen der Erfindung tiefer einzudringen, ist der Zweck eines Buches von Geh.-Rat Müller-Liebenau, Mitglied des Patentamts[1]). Das Buch hat als breite philosophische Grundlage die Schopenhauersche Kausallehre, ist nicht leicht zu lesen und gibt an manchen Stellen zu Kritiken Veranlassung[2]).

Hier soll mit einer Beschränkung des Philosophischen auf ein Mindestmaß nur das für den erfindenden und patentrechtlich interessierten Techniker Wichtige kurz dargestellt werden. Die Darlegungen Müller-Liebenaus sind nicht nur für das Patentrecht wichtig. Sie bedeuten jedenfalls einen erheblichen Schritt zur besseren Erkenntnis des Aufbaues der Erfindung, der notwendig zu einer besseren sprachlichen Darstellung, zu einer besseren Prüfbarkeit und damit zu einer besseren Beurteilung der Erfindung bei Patentamt und Gericht führen muß.

Wenn das Buch auch als die erste systematische Lehre von der Kausalität der Erfindung bezeichnet wird, so

[1]) Das Wesen der Erfindung, ein Weg zu ihrer Erkenntnis und richtigen Darstellung. Berlin 1924, Julius Springer.

[2]) Vergl. meine Besprechung in den „Mitteilungen des Verbandes deutscher Patentanwälte" 1924 S. 77 u. f. und 93 u. f. Rülf, Kölnische Zeitung Nr. 1178. Ziv.-Ing. Pietzokowski, Deutsche Bergwerkszeitung Nr. 35 vom 11. Febr. 1925. Ziv.-Ing. Pietzokowski, Polnische Zeitung Nr. 789 vom 8. Nov. 1924. S. Hartmann, Deutsche Allgemeine Zeitung Nr. 43 vom 19. Okt. 1924. Z. f. angew. Chemie Bd. 37 (1924) S. 894. H. Isay, „Gewerbl. Rechtsschutz und Urheberrecht" 1925 S. 49. Vortrag Müller-Liebenau mit Erörterungen im Kölner Bezirksverein, Westdeutsches Industrieblatt 1925 Heft 3 und 4. Wirth, „Gewerbl. Rechtsschutz u. Urheberrecht 1925 S. 109, Entgegnung auf Isays Kritik.

braucht diese philosophische Ausdrucksweise nicht abzuschrecken. Was Technikern und Juristen als die Verbindung von Mittel und Zweck von jeher vertraut ist, ist in erster Linie eine Verbindung von Ursache und Wirkung. Zwischen Ursache und Wirkung, als einem Anfang und einem Ende, steht „das Wirken", dessen Untersuchung die erste Hauptaufgabe ist. Wenn Zylinder, Kolben, Steuerung und Dampf zusammen eine Vollursache sind und die Drehung des Schwungrades und seine Energieleistung ihre Wirkung, so ist das Dampfdruckdiagramm ein Bild des „Wirkens". Das Bewegungsdiagramm des Schiebers oder Ventils und ebenso das Diagramm der Energieübertragung auf das Schwungrad, interessieren den Techniker viel mehr als alle Angaben der sinnlich wahrnehmbaren Beschaffenheiten der Maschine. Aber diese Schaubilder gehen noch nicht in die ganze Tiefe. Müller-Liebenau hat einen neuen Begriff der „lebendigen Wirkung" aufgestellt. Dem Dampfdruckdiagramm würde danach gerade das Wesentliche fehlen, nämlich die Veranschaulichung des Überganges von Wärmeeinheiten in Meterkilogramme. Der Dampfkessel und seine Feuerung, das Entstehen von Wärme und Druck aus Kohle und Sauerstoff gehören offenbar als Ergänzung zu dem Schwinden von Wärme und Druck im Zylinder, und das zeigt den Weg zu einem zweiten Gedanken von Müller-Liebenau.

Wir dürfen uns nie, wenn wir etwas Technisches g a n z verstehen wollen, auf die Betrachtung eines Teilvorganges beschränken. Hier zieht nun Müller-Liebenau die Grenzen der Betrachung soweit wie möglich — und nötig. Er bezieht die Kausalität der geistigen und seelischen Vorgänge mit ein in eine den Werdegang erfassende Untersuchung des Erfindens. Was ist das Gegebene am Anfang jeder erfinderischen Tätigkeit? Ein Haufen von Rohstoffen, ein Haufen von menschlichen Bedürfnissen, ein Haufen von technischen Organismen, Maschinen und Verfahren und die geistige Fähigkeit des vor diese Begriffe gestellten Menschen.

Das Hauptverdienst Müller-Liebenaus ist nun seine eindringliche Darlegung, daß die Darstellung einer Maschine — von der hier zunächst allein die Rede sein soll — durch Aufzählung ihrer sinnlich wahrnehmbaren Beschaffenheiten, oder wie er sich drastisch ausdrückt, eine mit Nummern versehene Merkmalliste, wie sie die meisten deutschen Patentansprüche enthalten, nie eine vollständige Darstellung des Sinnes einer Maschine ist.

Wenn eine Gelenkgeradeführung oder etwa ein Ellipsenzirkel lediglich durch Nennung der Raumverhältnisse der Gelenke zueinander, und seien diese auch in der abstrakten Form von mathematischen Bedingungsgleichungen gegeben, dargestellt ist, so ist diese Darstellung selbst insoweit sinnlos, als niemand überhaupt etwas mit ihr unmittelbar anfangen kann. Der Kinematiker, der dies Getriebe nach allen Seiten untersucht, wird unter anderem auch finden, daß ein Punkt desselben eine angenäherte Gerade oder eine Ellipse beschreibt, das ist aber eine mehr oder weniger weitschichtige Schlußfolgerung aus dem Gesagten und nicht sein Inhalt selbst. Wenn dem Getriebe in der Anspruchsformel der Name Geradeführung oder Ellipsenzirkel gegeben ist, so ist das nichts als ein Hinweis auf den besonderen Zweck, während dem Leser immer noch überlassen bleibt, selbst zu finden, wieso und inwiefern dieser Zweck erreicht wird. Das gilt, auch wenn mit absoluter Sicherheit auf Grund bekannter Wissenschaft das „Wie" der Wirkung abgeleitet werden kann. Es handelt sich hier letzten Endes um die mathematische Formel oder Konstruktion, deren Verwirklichung das mit einem ganz bestimmten Glied festgestellte Getriebe ist, und das selbst wieder nur w i r k t, wenn es durch eine Kraft in Bewegung gesetzt wird.

Nun ist aber meistens mit diesem reinen Bewegungssinn der technische, erst auf dem Gebiete der Dynamik der Maschine klarwerdende Sinn noch gar nicht gegeben. Die Bewegungsform z. B. der Teile einer Schlickschen Verbund-Schiffsmaschine ist technisch noch ganz sinnlos und erhält erst einen Sinn durch Angabe der Massenverhältnisse bei Ausführung der gegebenen Bewegungen, ebenso wie eine Werkzeugmaschine erst einen Sinn erhält, wenn die molekularen Energievorgänge an der Angriffstelle des Werkzeuges mit in die Vorstellung einbezogen werden. So bedeutet z. B. die Mitteilung, daß ein Stahl von bestimmter Zusammensetzung (Schnelldrehstahl) mit einer gewissen, gegenüber dem Bekannten stark erhöhten Vorschub- und Schnittgeschwindigkeit benutzt werden soll, für den Techniker, der von dem Schnelldrehstahl noch nichts weiß, zunächst nur einen technischen Unsinn, der erst mit der Ergänzung zu einer sinnvollen Vorstellung wird, daß Stahl solcher Zusammensetzung auch bei Rotglut hart und fest bleibt. Der sachliche Gehalt der Entdeckung ist also als erstrebte und eintretende Wirkungsweise dem Merkmalverzeichnis zuzufügen, um ihm einen Sinn zu geben. Wobei auch noch die Selbstverständlichkeit stillschweigende Voraussetzung ist, daß der Techniker die Größe der Spanleistung als einen großen Vorteil erkennt.

Eine solche neue Wirkungsweise muß nach Müller-Liebenau überall bei einer Erfindung vorhanden sein, deren Wesen nicht vollständig und richtig ausgedrückt wird, ohne daß gerade auf die neuartige Wirkung hingewiesen wird. Müller-Liebenau hat Vorläufer in dieser Richtung in H a r t i g, der auf die Aufnahme des Arbeitsganges in die Begriffsbestimmung einer Maschinenerfindung gedrungen hat, und in noch weiterem Sinn in K o h l e r, der oft betont hat, daß das Ding in der Technik nur als „Operativ", als „funktionierendes Ding" zu verstehen sei. Auch das Reichsgericht hat gelegentlich die Unmöglichkeit, eine Maschine richtig ohne ihren Arbeitsgang zu verstehen, zum Ausdruck gebracht. Und die ganze patentrechtliche Äquivalenzlehre geht auf den Vergleich von Wirkungsweisen aus. Müller-Liebenau hat nun diese Vorgänge mit seinem Begriff von der lebendigen, im Zeitpunkt des Wirkens selbst erfaßten Wirkung im Gegensatz zu dem üblichen Wirkungsbegriff, der auf eine tote Endwirkung oder auf einen beharrenden Zustand am Ende eines Vorganges geht, wissenschaftlich weit tiefer klargelegt. Er weist freilich auch darauf hin, daß das Erfassen heute noch vielfach insofern auf Schwierigkeiten stößt, als diese „lebendige Wirkung" mangels letzter Erkenntnis des inneren Vorganges oft nur mit Hilfe der „toten" Ursachenteile und der „toten" Endwirkung mittelbar zum Ausdruck kommen kann. Die lebendige Wirkung, die man wohl auch Wirkungsweise nennen kann, ist also immer ein Energiewandlungsvorgang.

Hiermit allein ist es aber für den Techniker auch nicht getan. Er hat kein Interesse für die reine Wandlung und ist unbefriedigt von ihrer Erkennnis allein, wenn die Wandlung nicht gleichzeitig Energieveredlung ist, und er einsieht, inwiefern die resultierende Energieform edler, anwendungsfähiger, dem Endzwecke näher ist, als die in die Maschine eingeleitete Rohenergie oder halbgeformte Energie. Während das Maschinenganze immer eine eigentliche Energieveredlung der eingeleiteten Energie, d. h. eine endverwendungsnähere Energieform enthalten muß, kann das Neue an einer Maschine nicht nur eine neue Veredlungsweise gegenüber der eingeleiteten Roh- oder selbstgeformten Energie sein, sondern auch eine Energieersparnis als Veredlung des Umsetzungsvorgangs gegenüber einer alten Maschine. Hier kommt also der wirtschaftliche Gesichtspunkt hinzu, demzufolge allein klar wird, welchen letzten Zweck eine solche Wandlung hat.

Im stärksten Gegensatz hierzu steht eine die Hauptschuld an dem jetzigen Zustand des deutschen Patentwesens tragende Bemerkung in den patentamtlichen „Erläuterungen" vom 21. November 1919, wonach die Angabe des Zweckes einer Erfindung in dem Patentanspruch nur ausnahmsweise geduldet werden soll, und dazu die Übung mancher Prüfungsstellen, nach der die Angabe einer Wirkungsweise in dem Patentanspruch mit Sätzen wie „so daß dies oder jenes geschieht, erfolgt, erreicht wird" unstatthaft ist. Diese mit Wertbetonung versehene lebendige Wirkung nennt Müller-Liebenau den „Sinn der Erfindung".

An diese zentrale Betrachtungsweise des technischen Gegenstandes überhaupt schließen sich nun zwei weitere Gedanken an, die sie gerade auf Erfindungen und deren Darstellung anwendungsfähig machen.

Ist mit der lebendigen Wirkung und dem Sinne der Kern eines technischen Gegenstandes gegeben und haben wir einen Gegenstand, in dem ein alter Gehalt und eine oder mehrere Erfindungen stecken, so taucht die weitere Frage auf, w o diese Erfindungssinne zu suchen seien. Das wird heute schon immer gefragt, wenn es sich um viel-

seitige Gegenstände handelt. Aber wenn bei einer Dampfmaschine dieser Ort der Erfindung etwa schon durch die Angabe Steuerung bestimmt ist, so fängt die eigentliche für das Patentrecht wichtige Suche erst an, und das, was Müller-Liebenau den „Schauplatz der Erfindung" nennt, ist auch noch nicht gefunden, wenn gesagt wird, daß in dem Bewegungsgetriebe des Ventils das Neue zum Ausdruck komme. Dabei ist grundsätzlich zweierlei möglich. Das Getriebe verleiht dieselbe Ventilbewegung wie früher oder eine neue. Im ersten Falle ist weiter zu untersuchen, ob die Bedeutung des Getriebes in einer besseren Haltbarkeit, Vermeidung von Geräusch, einer billigeren Herstellung oder Anpaßbarkeit an die allgemeinen Raumverhältnisse oder dergl. liegt. Mit der neuen Bewegungsform an sich ist noch garnichts technisch Wichtiges gegeben, sondern erst in den Beziehungen des Getriebes zur Benutzungsdauer, zu den Herstellungsstoffen und Einrichtungen und Verfahren, zu den allgemeinen Raumverhältnissen der Dampfmaschine und dergl. Hier ergibt sich irgendeine Wirkung im weitesten Sinne des Wortes, für die das Getriebe an sich oder nur von dem kinematischen Standpunkt betrachtet, nur ein Mittel oder eine Ursache ist. Und ebenso ist es bei einer neuen Ventilbewegung, für die sofort klar ist, daß diese Bewegung nur ein Mittel für eine neue Dampfwirkung ist, daß hier also das Verhältnis dieser Bewegung zu den Vorgängen im Zylinder das Wesentliche ist.

Ebenso wird etwa die Beschreibung der Erfindung des Sicherheitsventils, wenn sie nicht über das hinausgeht, was im Alltagsleben Sicherheitsventil heißt, das Wesen der Erfindung gar nicht zum Ausdruck bringen, die zunächst doch in der Beziehung der Ventilbelastung zu dem Kesseldruck und der Ventilfläche besteht. Aber auch dies genügt noch nicht. Das Verhältnis des Kesseldruckes zur Festigkeit der Kesselwandungen muß herbeigezogen werden, wenn das Wort „Sicherheit" einen Sinn bekommen soll. Das genügt auch noch nicht, wenn das Abblasen des Dampfes nicht nur ein Gefahrsignal, sondern eine wirkliche Sicherheit geben soll; denn dann muß das Abblasen des Dampfes zwangläufig eine Drucksteigerung verhindern, die Menge des abgeblasenen Dampfes muß also gleich dem weitererzeugten Dampf sein, das Ventil muß also auch in Beziehung zur Feuerung und Heizfläche des Kessels gesetzt werden.

Das aber ist auch nur der nächstliegende Teil der Schauplatzsuche, der aber seine große Bedeutung gegenüber einer noch vielfach üblichen Prüfungsweise beim Patentamt hat. Eine nur als Gefahrventil bekannte Kesselarmatur ist bei einer Beschreibung in einem Patentanspruch von einem Sicherheitsventil gar nicht zu unterscheiden, wenn man sich auf die gestaltlichen Merkmale des eigentlichen Ventils beschränkt. Es dient sogar der Sicherheit, aber nur auf dem Wege über die unsicheren Seh- und Hörorgane des Menschen. Der neue Gedanke der ganz und gar selbsttätigen Sicherung wird erst erfaßt, wenn man den richtigen „Schauplatz" findet, d. h. auch die Beziehungen der Menge des abgeblasenen zu der Höchstmenge des erzeugten Dampfes einschließt.

Nun ist es aber der meistbeklagte Umstand der patentamtlichen Prüfung an vielen Stellen, daß gerade diese spezifische Wirkungsweise nicht beachtet wird, daß also im Beispiel dem Sicherheitsventilanmelder von der Prüfungsstelle Ventile überhaupt, vor allem aber Gefahrventile, als Vorwegnahme entgegengehalten werden würden. Diese nennt Müller-Liebenau mit Recht tote Stücke der früheren Technik, relativ tot, d. h. nichtssagend und in dem entscheidenden Punkt ganz anders lebend als das neue Sicherheitsventil. Das Verhältnis zur erzeugten Dampfmenge und die selbsttätige Höchstdruckhaltung gerade ist der Schauplatz des Erfundenen, wenn ein Dampfgefahrventil alt war.

Ein wesentliches Verdienst Müller-Liebenaus ist es, darauf hingewiesen zu haben, daß solche lebendigen Wirkungen und Erfindungssinne auch außerhalb der eigentlichen Technik gesucht werden müssen. Zunächst in der Physiologie d e s Menschen, der ein unentbehrliches Glied in der Herstellung oder Benutzung eines technischen Gegenstandes ist, weil schließlich alle Erfindungen zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse (Körper oder Seele) dienen.

Gewisse optische Eigenschaften der Linse waren längst bekannt, als die Brille erfunden wurde. Man könnte versucht sein, die Erfindung der Brille als Anordnung eines Gestells und Halters am Kopf für relativ schwache Linsen zu erklären. Das Wesentliche aber ist doch die Beziehung der Glaslinse zur Linse des Auges und dem ganzen Nerven- und Muskelsystem, das zu dieser Linse gehört, oder gar noch weiter, bei der Starbrille, der Ersatz dieser physiologischen Linse, also die unmittelbare Beziehung zu Pupille und Netzhaut. Die Physiologie des menschlichen Auges ist hier also ein Teil des gesamten optischen Systems.

Bei Erfindungen von Heilmitteln ist der wichtige neue Vorgang nicht nur ein Teil eines gemischten technisch-physiologischen Systems, sondern die Reaktionen im Verdauungskanal, im Blut, auf die Gewebe einer erkrankten Stelle sind das in Wirklichkeit Wesentliche, so daß hier der Schauplatz sogar räumlich ganz in den Menschen gelegt ist. Hier darf daran erinnert werden, daß die Biologie sich selbst in Parallele zur eigentlichen Technik gesetzt hat, wenn sie von Zell-Maschinen und Mechanismen der biologischen und physiologischen Vorgänge spricht, wenn auch nur in übertragener Bedeutung.

Das Beispiel vom Sicherheitsventil zeigt aber auch, wie weit der Begriff der lebendigen Wirkung und des Sinnes gehen muß, und daß er nicht an Bewegung und Veränderung gebunden ist, sondern im Gegenteil auch Ruhe und Beharrung einschließt. Das Beharren des Dampfkessels in unzerstörter Form auch bei Überschußdampferzeugung ist der letzte Sinn des Sicherheitsventils, die kausal v o r h e r g e h e n d e, in Wirklichkeit g l e i c h z e i t i g e Wirkung des Abblasens des ganzen Überdruckdampfes ist nur die Ursache hiervon, nämlich als gleichzeitige Zwischenwirkung und Zwischenursache. Ob das erste oder das letzte für die in Frage stehende Erfindung in Betracht kommt, wird danach entschieden, ob jene letzte Wirkung oder nur die vorhergehende und dann natürlich auch beides neu war. So zeigt sich auch, daß eine Erfindung nicht auf nur e i n e solche Wirkungsweise beschränkt ist. Und in dieser Richtung der Vielseitigkeit oder Vielteiligkeit der Erfindung kann der Blick auch darauf gelenkt werden, daß das Sicherheitsventil n u r den Überdruckdampf abbläst, den Kessel also betriebsfertig hält, und bei Aufhören des Überdrucks seine Tätigkeit einstellt, im Gegensatz etwa zu einem bei Überdruck herausspringenden Pfropfen, in gewisser Ähnlichkeit mit Schmelzsicherungen oder Rohrbruchventilen.

Der Schauplatz einer Erfindung kann aber noch weiter als die physiologischen Vorgänge von der eigentlichen Technik und damit von der Patentfähigkeit nach den meisten heutigen Patentgesetzen abliegen, wenn in die Betrachtung das Bewußtsein, der Geist, die Seele des Menschen einbezogen werden. Bei Erfindung von Lehrmitteln, Mitteln zur künstlerischen Darstellung, z. B. in der Musik oder in der Kinematographie und bei Spielen, ist das Entscheidende die psychologische Endwirkung im Menschen, im allgemeinen Lust- und Unlustgefühle sowie Befriedigung geistiger und seelischer Bedürfnisse, die überall mitspielen, wo es sich um Verminderung von Arbeitsmühe oder besonderen Arbeitsunlustarten, wie starke Geräusche, starke Gerüche, schädliche Gase und dergl. handelt. Hier sieht man die engste Verknüpfung der eigentlichen Technik in der Umwelt des Menschen, an welcher der Mensch nur durch seine Körperbewegungen beteiligt ist, mit allem Innermenschlichem, und sieht auch, wie anderseits solche Wirkungen a n s i c h außerhalb des Gebietes patentfähiger technischer Erfindungen liegen, weil man diese „Schauplätze" nicht zu der eigentlichen Technik des Patentrechts rechnet. Es taucht also eine schwierige Frage auf, wie sie nämlich dennoch bei der Patentierung zu berücksichtigen seien, wennschon sie nicht Gegenstand des Patents sein können. Am deutlichsten wird dies vielleicht bei einem neuen Spiel mit neuem Spielbrett und neuen Spielfiguren und entsprechenden Regeln, wo nach geltender Rechtsprechung Spielbrett und Figuren patentfähig sind, die Spielregeln aber nicht, sie aber allein dem Patentfähigen einen Sinn geben, so daß eine Patentschrift, die sie nicht erwähnt, sinnlos wäre.

Das, was hier das Physiologische an der Erfindung genannt worden ist, nennt Müller-Liebenau, auf der Schopen-

hauerschen Kausallehre fußend, Reizerfindung. Er macht meines Erachtens keine deutlichen Unterschiede zwischen einer reinen Reizerfindung und dem Reizmoment in einer Erfindung, die sich auch auf andere Gebiete oder Schauplätze erstreckt. Dasselbe gilt für den Schauplatz der „Motiverfindung" Müller-Liebenaus, die etwa mit der psychologischen Erfindung übereinstimmt. Müller-Liebenau benennt die ganze Erfindung nach dem Schauplatz der wichtigst scheinenden Ursache in dem ganzen Komplex.

Sehen wir bei der Schauplatzlehre schon den Blick auf die Gesamtheit gerichtet unter Einbeziehung alles dessen, was für das Verständnis einer in der Wirklichkeitswelt verkörperten Erfindung notwendig ist, und damit eine Abweisung der allzuhäufig zerstückelnden und teilbetrachtenden Prüfung solcher Erfindungen vor Patentamt und Gericht, so begegnen wir derselben Blickerweiterung bei der Behandlung des Werdens der Erfindung, beginnend in dem Hirn des Erfinders.

Müller-Liebenau ist Anhänger der sogenannten Schöpfungstheorie der Erfindung, d. h. ihrer Beurteilungsweise rein nach der Erfindungsgenese, im Gegensatz zu der Betrachtungsweise, die die fertige Erfindung losgelöst von dem erfinderischen Vorgang nach objektiven Gesichtspunkten, namentlich bloß wirtschaftlichen, betrachten möchte. Dieser Wirtschaftswert erscheint nicht nach seinem objektiven Befund bei der fertigen Erfindung, sondern bloß subjektiv vorgestellter Wert in dem Motiv beim Beginn des Erfindens.

Müller-Liebenau zergliedert hier den Gesamtvorgang der Erfindungsentstehung zunächst in zwei Teile. Der Erfinder befindet sich am Anfang seiner Tätigkeit vor dem gesamten Bestand der derzeitigen Technik, über den er nun zu verfügen hat. Er wählt daraus gewisse Stücke aus, Natur- oder schon Menschenwerk, in erster Linie Rohstoffe, Verarbeitungsmaschinen und Verfahren oder, was oft das wichtigste ist, Teile solcher Maschinen und Verfahren. Diese setzt er zu einem neuen Ganzen zusammen. Alle diese Bausteine des Ganzen sind, kausal gesprochen, Teilursachen, der Vorgang ist also die Bildung einer wirksamen Vollursache aus Teilursachen. Er ist im wesentlichen ein geistiger Vorgang, der unter den besonderen Kausalgesetzen eines solchen steht, unter Heranziehung körperlicher Vorgänge, soweit etwa Experimentalarbeit mit ihm verbunden und von dem geistigen Vorgang geleitet ist. So gelangt der Erfinder zur neuen Vorstellung eines neuen technischen Gegenstandes, der insoweit also nur als Vollursache und erster Teil des Kausalvorganges auftritt. Jede Beschreibung einer Maschine im Ruhezustand ist die Beschreibung nur von Ursachen, denen aber zur Vollursache auch noch einiges fehlt, der Dampfmaschine z. B. die Dampflieferung, der Werkzeugmaschine der Antrieb und das Werkstück. Jede Vollursache aber setzt sich nach dem Kausalgesetz sofort in Vollwirkung um, und das ist nun die zweite Stufe, die Vorstellung dieses Kausalvorganges, und dieser natürlich nun betrachtet aus den oben ausgeführten Gesichtspunkten der lebendigen Wirkung mit Auslauf in einen beharrenden Zustand und des Schauplatzes dieser Wirkung.

Liegt das erfinderisch Neue und Wesentliche aber in der Bildung der Vollursache, so ist der Schauplatz hier, d. h. oft in sogenannten baulichen Veränderungen mit alter Wirkung in der zweiten Stufe.

Dieser zweistufige Kausalvorgang ist nun natürlich hinsichtlich seiner Geistigkeit und seiner Entstehungsweise nicht verständlich, wenn er bloß in diesem Hintereinander der beiden Stufen betrachtet wird, wobei jedes Motiv zur Ausführung des ersten wesentlich psychologischen Vorganges fehlt. Das Verständnis wird nun dadurch gegeben, daß das, was als objektive Endwirkung des zweiten Vorganges bei der körperlichen Ausführung der beiden Vorgänge erscheint, als subjektive Zweckvorstellung schon am Anfang des ersten Vorganges steht. Mit andern Worten, der Nutzen, die gesellschaftliche Bedeutung des zweiten Vorganges ist als erstrebtes Endziel das Motiv oder der Erreger des ersten Vorganges, es ist in der Alltagssprache die allgemeine Zweckvorstellung ohne Kenntnis der Mittel, die erst durch jene Auswahl und Vereinigung aus dem vorhandenen Bestand geschaffen werden. Dabei kann die Zweckvorstellung, abstrakt genommen, eine alte Aufgabe sein, konkret, Verbesserung oder Verbilligung bedeuten, oder sie kann eine neue, bestimmt abgegrenzte Aufgabe sein, z. B. Schaffung eines dauerhaften Tantalfadens für Glühlampen.

Müller-Liebenau hat für diese Gliederung eigentümliche Sprachausdrücke mit Rücksicht auf die Neuheit der Erfindung geschaffen. Das Bekanntsein des Inventars und seine Verwendung nennt er „Anschluß vorn", um so die Verbundenheit des Erfinders mit der alten Technik und seine Grundlage zum Ausdruck zu bringen, den Zweck aber, oder die Aufgabe, oder das Bedürfnis, die er auch als bekannt voraussetzt, jedenfalls in der Erfinderseele, ehe der Erfinder an die erste Stufe herantritt, ist der „Anschluß hinten". So wird also die Erfindung eingebaut zwischen einen Bestand bekannter, für andre Zwecke nämlich bekannter, Mittel und bekannter, mit andern Mitteln erzielter oder noch nicht verwirklichter Zwecke oder Bedürfnisse.

Diese einfache Analyse und Darstellungsweise eines typischen Erfindungsvorganges hat nun aber die bedeutsamsten patentrechtlichen Folgen, auch wieder zunächst nach der negativen Seite, nämlich zur Beseitigung falscher philosophischer Künste im Patentwesen. Sie ist nämlich der Nachweis dafür, daß die allgemeine Forderung unberechtigt ist, den nächsten Gattungsbegriff in die in vielen Fällen vom Techniker als sachwidrig empfundene Einleitung eines Patentanspruchs zu setzen (Erläuterungen vom 21. November 1919 Nr. 5 Abs. 2).

Dieser Gattungsbegriff nämlich, der sich anheischig macht, alles Alte aus der Technik zum Ausdruck zu bringen, und alles Neue demgemäß in den zweiten Teil des Patentanspruchs zu verbannen, ist seinem eigenen Begriff nach ein vollwertiger technischer Gegenstand, sonst wäre er eben überhaupt kein technischer Begriff. Das trifft öfters zu, wenn z. B. an einer Maschine ein einzelner Teil durch eine Erfindung eine neue Eigenschaft erhält, er ist aber in den Fällen unanwendbar, wenn der Ausgangspunkt ein Haufen zusammenhangloser Stücke, Rohstoffe, Maschinen, Maschinenteile, Bedürfnisse, Konstruktionsregeln ist, die nur durch ein Sprachkunststück äußerlich in die übliche Sprachform eines aus Merkmalen zusammengefügten Begriffs vereinigt werden können. In solchen Fällen ist auch ein bloßer Scheingattungsbegriff nichts als eine Liste bisher zusammenhangs- und beziehungsloser Merkmale.

Aus dieser Begriffswelt entwickelt Müller-Liebenau nun eine Patentanspruchsform von einer entsprechenden Doppelteilung, die nicht mit der üblichen Hintereinanderstellung zweier Patentansprüche zu verwechseln ist. In einem Satz wird der Sinn der Erfindung mit ihrer lebendigen Wirkung beschrieben. In einem zweiten Satz stehen die „Ausführungsmittel", d. h. die Vollursache in ganz konkreter Form. Diese muß zur Verwirklichung des Sinnes führen und deshalb alle die Teilursachen und ihre Beziehungen zueinander enthalten, die notwendig die Wirkung herbeiführen, unter Fortlassung aller ohne weiteres aus der Erfahrung des Fachmannes ergänzbaren ursächlichen Umstände, zu deren Ersinnen es also keiner erfinderischen Tätigkeit mehr bedarf. Dieser Anspruchaufbau vermeidet zum mindesten in seinem zweiten Teil die übermäßige Abstraktion von Patentansprüchen, die einmal eine ernsthafte Prüfung überhaupt nicht zuläßt, und zweitens, wenn dennoch in dem erteilten Patent stehend, oft benutzt wird, um Dinge als Nachahmungen einzuschließen, die ganz außerhalb des Vorstellungsgebietes des Erfinders liegen.

Damit scheint mir das technisch Wesentliche in dem Werk Müller-Liebenaus in seinen Grundzügen erschöpft zu sein. In der Grundlage unanfechtbar, dürften die Gedanken sehr ausbaubar und vielversprechend für weitere Untersuchungen sein, namentlich in der Anwendung auf die verschiedenen Arten von technischen Gebilden und Erfindungsarten.

Den patentrechtlichen Folgerungen Müller-Liebenaus auf dieser technischen Grundlage kann ich mich nicht überall anschließen. Im besonderen ist die Grundeinstellung unrichtig, daß sich aus dieser technisch-begrifflichen Grundlage zwangläufig das ganze Patentrecht ableiten läßt, daß im besonderen die Fragen der Zusätzlichkeit und

der Einheitlichkeit der Erfindung, der Abhängigkeit von Erfindungen voneinander und alle Patentverletzungsfragen ohne Rücksicht auf ganz andere Dinge abgeleitet werden können. Im Rechtsleben kann solch reinen Theorien des Tatbestandes nicht bis in ihre strengsten oder letzten Schlußfolgerungen nachgegangen werden, es treten ausgleichende und ablenkende andere Gesichtspunkte auf, namentlich hinsichtlich des praktischen Erfolges und der Unmöglichkeit, den Einzelfall nach den Forderungen dieser Theorie restlos zu erkennen.

Hierzu wie zu den Ausbaumöglichkeiten der technischen Theorie habe ich mich in meiner oben genannten Besprechung in den „Mitteilungen des Verbandes deutscher Patentanwälte" mit einiger Ausführlichkeit geäußert. Das berührt aber nicht im geringsten den Wert dieser Theorie als sehr wichtigen Grundlage des Patentrechtes. [B 303]

Wärmeschutz in Amerika.

Fragen des Wärmeschutzes waren in Deutschland in den letzten Jahren unter dem Druck der Kohlennot besonders zeitgemäß. Die Erkenntnis der Notwendigkeit wissenschaftlicher Förderung dieses Gebietes hat zur Einrichtung eines besonderen Forschungsinstitutes, des Forschungsheimes für Wärmeschutz in München geführt, das sich neben der wissenschaftlichen Durcharbeitung des Fachgebietes mit wärmetechnischen Untersuchungen und der Begutachtung von Bau- und Isolierstoffen befaßt.

Auch in anderen Ländern, besonders in den Vereinigten Staaten, hat man die Wichtigkeit der Prüfung von Wärmeschutzstoffen erkannt und Untersuchungsverfahren ausgebildet. Die Ingenieur-Verbände, vor allem die American Society of Refrigerating Engineers, die American Chemical Society und die American Society of Mechanical Engineers, haben auf ihren Tagungen Fragen des Wärmeschutzes und der Wärmeübertragung behandelt. Ein Ausschuß der American Society of Refrigerating Engineers (Insulation Committee) hat die Aufgabe, die vorhandenen wissenschaftlichen Unterlagen zu sichten und zu verarbeiten. Er hat mehrere zusammenfassende Arbeiten auf diesem Gebiete veröffentlicht, die einen guten Überblick über den Stand der Untersuchungsverfahren und die Wärmeschutztechnik in den Vereinigten Staaten geben[1]).

Die Versuchstechnik schließt sich eng an die bekannten deutschen Arbeiten vor allem von Knoblauch und seinen Schülern an. In einigen Fällen ist man anscheinend ohne Kenntnis der Literatur vorgegangen und hat durch Wiederholung bekannter Fehler Lehrgeld zahlen müssen. Das Bureau of Standards, das zahlreiche Untersuchungen der Wärmeleitzahl von Bau- und Isolierstoffen ausgeführt hat, scheint hauptsächlich die Plattenmethode mit Schutzring von Groeber und Poensgen zu benutzen. Dieses Verfahren[2]) besteht bekanntlich darin, daß man auf eine kreisförmige oder quadratische, elektrisch beheizte Platte beiderseits Versuchsplatten legt, durch welche die erzeugte Wärme strömt. Aus der elektrisch gemessenen Wärmeerzeugung und aus dem Temperaturgefälle in den Platten kann man dann die Wärmeleitzahl ermitteln. Um seitliche Wärmeverluste zu vermeiden, legt man um die Heizplatte einen besonders beheizten Schutzring, der die von den Rändern herrührenden Störungen des Temperaturfeldes von der eigentlichen Heizplatte fernhält. Das gleiche Verfahren wird auch im Pensylvania State College angewandt. Es ist bisher das beste und genaueste zur Bestimmung der Wärmeleitzahl plattenförmiger Körper.

Daneben benutzt man auch die sogenannte Kastenmethode, besonders zum Prüfen von Korkplatten für die Kälteindustrie. Hierbei bildet man aus den zu untersuchenden Platten einen würfelförmigen Kasten von etwa ½ bis 1 m Kantenlänge, der in einem Raum von gleichbleibender Temperatur aufgestellt und im Innern geheizt oder gekühlt wird. In den meisten Fällen ordnet man im Kasten elektrische Heizkörper und Ventilatoren an. Seltener besteht das Innere des Würfels aus einem mit Eis oder mit elektrisch beheiztem Öl gefüllten Kasten. Diese Methode erreicht nicht die Genauigkeit des Plattenverfahrens, da es unmöglich ist, auf einem so großen Körper mit verschieden gerichteten Oberflächen, die nur durch die Luft des Versuchsraumes gekühlt werden, eine genügend gleichmäßige Temperaturverteilung zu erhalten; besonders die Ecken des Würfels zeigen stets andere Temperaturen, als die Mitten der Seitenflächen.

Man hat die Nachteile dieses Verfahrens wohl erkannt, arbeitet aber, da anscheinend zahlreiche Versuchseinrichtungen dieser Art vorhanden sind, noch weiter damit. An einer Stelle versucht man die Mängel dadurch zu beheben, daß man an fünf Seitenflächen des Kastens den Wärmeaustritt durch Schutzheizungen verhindert, so daß die ganze im Kasten erzeugte Wärme durch die sechste vom Prüfkörper eingenommene Fläche treten muß. Hierdurch werden zwar die Fehler vermindert, aber der störende Einfluß des Plattenrandes bleibt bestehen. Häufig hat man, besonders bei älteren Untersuchungen, nicht die Oberflächentemperatur der Versuchsplatten, sondern die Lufttemperatur innerhalb und außerhalb des Kastens für die Auswertung benutzt. Man mißt so nicht Wärmeleitzahlen, sondern Wärmedurchgangszahlen, welche die zufälligen Wärmeübergangszahlen der Versuchsanordnung enthalten. Das ist beim Vergleich mit deutschen Versuchsergebnissen zu beachten.

Die Wärmeverluste von Rohrisolierungen haben vor allem McMillan[3]) und in neuester Zeit Heilmann[4]) untersucht. Das Verfahren von Heilmann schließt sich dem eng an, das in Deutschland van Rinsum[5]) ausgebildet hat; hierbei wird bekanntlich die Isolierung auf elektrisch beheizte Rohre aufgetragen. Während van Rinsum den Einfluß der Rohrenden rechnerisch behandelt, verwendet Heilmann Schutzheizungen an beiden Enden, um einen Wärmeverlust in axialer Richtung zu verhindern. Zur Untersuchung plastischer, in feuchtem Zustande aufgetragener Isoliermassen benutzt Heilmann in Anlehnung an die Versuche von Nusselt[6]) eine elektrisch beheizte Gußeisenkugel als Träger. Dieses Verfahren verlangt zwar keine Berichtigung oder Schutzbeheizung, dagegen ist das gleichmäßige Auftragen der Masse schwierig.

Die Mehrzahl der untersuchten Handelsisolierstoffe war aus Asbest oder Magnesia hergestellt. Asbest wird in der Regel in Form von Schalen benutzt, die aus zahlreichen Lagen von glattem und geripptem Asbestpapier bestehen, so daß der Aufbau der Isolierung unserer Wellpappe ähnelt. Der Wärmeschutz wird also nicht allein durch den Asbest, sondern hauptsächlich durch die zahlreichen kleinen Lufträume zwischen den Rippen der einzelnen Schichten erreicht. Die von Heilmann untersuchten Proben ergeben in Übereinstimmung mit Untersuchungen von McMillan Wärmeleitzahlen von 0,055 bis 0,09 kcal/m h °C bei 100 ° Mitteltemperatur der Isolierung, in einem Falle sogar 0,05 kcal/m h °C; anderseits kommen auch größere Werte bis zu 0,12 kcal/m h °C vor.

Auch Magnesia wird meist in Gestalt fertiger Isolierschalen benutzt, die gewöhnlich aus 85 vH basischem Magnesiumkarbonat und 15 vH Asbestfasern bestehen. Die Wärmeleitzahlen bei 100 °C Mitteltemperatur liegen zwischen 0,058 und 0,070 kcal/m h °C bei einem Raumgewicht von 270 bis 350 kg/m³. In geringem Umfange wird Magnesia auch als plastische, mit Wasser aufzutragende Masse gebraucht[7]).

Kieselguhr wird ebenso wie bei uns in der Form von gebrannter Schale oder von plastischer Masse benutzt, scheint aber den andern Mitteln an Verbreitung weit nachzustehen.

Bei einem Vergleich mit den deutschen Verhältnissen fällt auf, daß in den Vereinigten Staaten die Verwendung fertiger Isolierschalen bei weitem überwiegt, während bei uns die Aufstreichmassen die Hauptrolle spielen. Dieser Unterschied ist durch die höheren Arbeitslöhne bedingt. Isolierschalen können in der Fabrik maschinell hergestellt und leicht und schnell angebracht werden. Plastische Massen sind zwar billiger, erfordern aber großen Arbeitsaufwand an der Verbrauchstelle.

[N 74] Dr.-Ing. Ernst Schmidt.

[1]) Vergl. Refr. Eng. Okt. 1923, The principles of heat transfer — Definition, nomenclature and symbols — Economic value of insulation- The plate method of testing insulating materials; Refr. Eng. Nov. 1923, The box method for determining heat transmission — Surface transfer of heat; Refr. Eng. Dez. 1923, The measurement of temperature — Results of tests to determine heat conductivity of various materials; Refr. Eng. Mai 1924, Problems.

[2]) Vergl. Z. Bd. 56 (1912) S. 1653.

[3]) Trans. Am. Soc., Mech. Eng. Bd. 37 (1915) S. 921.

[4]) Heat transmission from bare and insulated pipes, Ind. Eng. Chemistry Bd. 16 (1924) S. 451; Heat losses through insulating materials, Mech. Eng. Bd. 46 (1924) S. 593.

[5]) Z. Bd. 62 (1918) S. 601.

[6]) Z. Bd. 52 (1908) S. 906.

[7]) Eine vollständige Zusammenstellung aller vorliegenden Messungen der Wärmeleitzahl von Bau- und Isolierstoffen, Metallen, feuerfesten Steinen usw., die auch die erwähnten amerikanischen Arbeiten berücksichtigt, findet sich in Heft 5 der Mitteilungen aus dem Forschungsheim für Wärmeschutz, München, Bayerstr. 3.

Über Steinkohlenaufbereitung[1].

Von Dr.-Ing. W. Groß, o. Professor der Bergwissenschaften an der Technischen Hochschule Breslau.

Die physikalischen Eigenschaften der Rohkohlen-Gemengteile werden auf ihre Anwendbarkeit zur Aufbereitung besprochen, Setzmaschinen, Waschrinnen, Herde nach ihrer Zweckmäßigkeit zur Aufbereitung nach dem spezifischen Gewicht bewertet. In Deutschland nicht übliche Verfahren der Trennung in schwerer Aufschlämmung; Wirkungsweise, Fliehkraftreiniger und Trockenherde. Grundlagen des Schaum-Schwimm-Verfahrens, des Öl-Amalgam-Prozesses und der Produktentrocknung der Schlammkohle.

Bei zwei ganz verschiedenen Marktlagen wendet sich die Aufmerksamkeit der Beteiligten in erhöhtem Maße der Aufbereitung zu. Einmal in Zeiten stärksten Absatzes, wenn möglichst große Mengen des geförderten Rohhaufwerkes aufbereitet dem Verkauf zugeführt werden sollen, wobei unter Umständen erhöhte Aufbereitungskosten und unreinere Abgänge bei befriedigenden Absatzpreisen hingenommen werden, und dann, wenn durch Absatzstockung die Forderungen der Abnehmer schwer zu erfüllen sind. Forderungen, die sich sowohl auf die Abwesenheit von unerwünschten Bestandteilen, wie Asche und Schwefel, als auch auf reine Klassierung und geringen Wassergehalt erstrecken. Außerdem muß gerade bei schlechter Geschäftslage der Wirtschaftlichkeit des Betriebes durch restlose Ausnutzung der bereits mit Gewinnungs-, Förderkosten usw. belasteten Rohkohle größte Beachtung geschenkt werden. Demgemäß steht die Frage bei allen Aufbereitungsvorgängen so: „Wie ist größte Leistung bei reinstem Ausbringen mit geringstem Geldaufwand zu erreichen?“ Wird bei der Kritik eines Verfahrens nur ein Teil dieser Frage zufriedenstellend beantwortet, erscheint der Rest mangelhaft gelöst, so fällt das Verfahren für die industrielle Anwendung aus. Die Aufbereitung dient lediglich dazu, Geld zu verdienen, und es kann wohl sein, daß ein roher und in manchen Teilen verlustreicher Aufbereitungsvorgang der Praxis angemessener erscheint als das beste Laboratoriumsverfahren, dessen technische Durchführung mehr Kosten verursacht, als der durch die Aufbereitung erzielte Gewinn beträgt.

Im Erzhandel trägt man den Metallgehalten durch sachmäßige Verkaufsformeln weitgehend Rechnung; schädliche Beimengungen werden mit Strafe belegt. So hat der Erzaufbereiter stets den Anreiz, seine Verfahren nach der technischen Seite zu vervollkommnen. Er hat das Bestreben, auf Grund dieser Verkaufsformeln entsprechende Erzeugnisse mit Höchsterlös zu liefern. Für den Kohlenaufbereiter ist ein solcher Anreiz nicht in gleichem Maße vorhanden. Zwar verweigert man ihm unter Umständen die Abnahme seiner Erzeugnisse bei zu hohem Aschengehalt, aber die Fälle sind noch allzu selten, wo der Preis etwa nach Wärmeeinheiten bemessen wird oder Prämien für geringen Aschen- und Schwefelgehalt gezahlt werden. Bei glattem Absatz aller geförderten Steinkohle war die Notwendigkeit, technische Vervollkommnung zu erzielen, nicht in dem Maße vorhanden, wie bei der Erzaufbereitung, und wir sehen, daß Verfahren, die sich bei Erz bewährt haben, erst viel später für Kohle übernommen wurden, obgleich die gleichen oder ähnliche physikalische Bedingungen vorliegen. Je mehr aber die Kohle ihre Stellung vom Brennstoff zum chemischen Rohstoff wechselt, um so mehr werden sich die Aufbereitungsverfahren jenen der Erze in bezug auf ihre Anforderungen nähern.

Immerhin kommt im Sonderfall der Kohlenaufbereitung für das Trennen der Stoffe nur eine beschränkte Anzahl der bis jetzt nutzbar gemachten physikalischen Eigenschaften in Frage. Solche Eigenschaften sind die Farbe, das spezifische Gewicht, die Festigkeit, der Reibungsbeiwert, die Kornform und endlich Oberflächenenergien, insbesondere die Adsorption. Magnetische Erregbarkeit, elektrische Leitfähigkeit usw. hat man bis jetzt für die Aufbereitung der Kohle nicht nutzbar zu machen versucht oder anwenden können. Keine der angegebenen physikalischen Eigenschaften wirkt für sich allein, bei allen Verfahren treten mehrere in gegenseitigem Wechsel auf.

In bezug auf die Zusammensetzung des Haufwerks nach Korngröße, wie es durch den Wipper dem ersten Klassierapparat aufgegeben wird, spielen neben dem Gewinnungsverfahren Festigkeit, Spaltbarkeit und Zerreiblichkeit eine Rolle und bestimmen insbesondre die Anfallmenge an Gut, die durch Staubabsaugung von 0 bis 0,4 mm oder von 0 bis 2 mm aus Kohlen mit geringer Feuchtigkeit auszuziehen ist[2]). Bei der nun folgenden Klaubarbeit des Grobkornes bis herunter auf mindestens 60 mm sind die optischen Eigenschaften, Farbe und Glanz, gleichermaßen ausschlaggebend wie Rauhigkeit und spezifisches Gewicht. Erwartet man also von der Klaubarbeit ein reines Erzeugnis, so ist man genötigt, ihr nur solche Stücke zu unterwerfen, die dem Arbeiter nicht zu unhandlich oder zu schwer sind, um der Vorprüfung durch das Auge jene in der Hand nach dem spezifischen Gewicht folgen zu lassen.

In der Mehrzahl aller Steinkohlenaufbereitungen vollzieht sich nun der Rest des Veredlungsverfahrens unter Einschaltung der erforderlichen Klassierung nach Korngröße, auf Grund des spezifischen Gewichts. Hinzu kommen Adhäsions- und Adsorptionseigenschaften, die die Entwässermöglichkeiten bestimmen. In Setzmaschinen, auf Herden, in Spitzkasten und Stromapparaten, auf Waschrinnen und bei der Sandflotation, ist der Erfolg der Trennung in erster Linie von dem Spannungsunterschied in den spezifischen Gewichten der einzelnen Mineralkomponenten untereinander, also der Kohle, des Brandschiefers, des Schiefertons usw. abhängig, dann in zweiter von dem spezifischen Gewicht des Suspensionsmittels, in dem die Trennung stattfindet. Die Kornform, namentlich bei blättriger Ausbildung, kann, wie in Niederschlesien, einen wesentlichen Einfluß auf den Ablauf des Setzvorganges ausüben. Erschwerend wirkt der Einfluß der Kornform bei geringem Unterschied der spezifischen Gewichte von Reinkohle und Mittelprodukt. Der Einfluß der Reibung zwischen der aufzubereitenden Kohle und reinem oder Schlammwasser sowie die innere Reibung (Zähigkeit) des Wassers sind bis jetzt wenig oder gar nicht auf ihre Bedeutung für die sogenannte naßmechanische Aufbereitung untersucht worden. Sollten sie auch hierbei von geringer Bedeutung sein, so kommen sie doch bestimmt bei all den Verfahren in Frage, die zur Trennung die Oberflächenenergien der Kohlenbestandteile benutzen.

Wir sind damit in das Gebiet der Fein- und Schlammkohlenverarbeitung gekommen, in das sich neben der älteren Schlammaufbereitung auf Grund der Zerreiblichkeit der tonigen Masse die Schaum-Schwimmaufbereitung bei uns und in den Vereinigten Staaten von Amerika auch noch der Trent-Amalgam-Prozeß als Öl-Adsorptionsverfahren Eingang verschaffen.

Ich beschränke mich hier auf die Verfahren selbst und schenke der baulichen und Betriebseinrichtung der Aufbereitanlage keine Berücksichtigung. Bei der Handhabung solcher Massen, wie sie die Steinkohlenaufbereitung durchlaufen, muß dem mechanischen Fördern und der klaren Einteilung der ganzen Anlage größte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Mustergültige von der deutschen Industrie erbaute Anlagen sind in der Literatur reichlich beschrieben und hängen zu sehr mit den örtlichen Erfordernissen zusammen, als daß ihre Behandlung an dieser Stelle nochmals gerechtfertigt wäre. Aus dem Gebiete des Gesamtaufbaues will ich erwähnen, daß man

[1]) Der vollständige Titel dieses auf der Kohlentagung in Essen am 25. April 1925 gehaltenen Vortrages lautet: „Steinkohlenaufbereitung auf Grund physikalischer Eigenschaften ihrer Gemengteile, dargestellt nach dem gegenwärtigen Stand der Technik“.

[2]) Nach einer brieflichen Mitteilung des Geheimen Bergrats Georgi in Dresden wurde die Staubabsaugung vor dem Waschen von ihm bereits im Jahre 1892 bei der Wäsche der Carola-Schächte des Staatlichen Steinkohlenbergwerks Zauckerode i. Sa. eingeführt.

bewußt immer mehr der Grundforderung jedes Aufbereitungsvorganges, der Stetigkeit, Rechnung trägt und durch Einschalten reichlich bemessener Bunker dafür sorgt, daß alle Apparate dauernd eine Aufgabe erhalten, die nach Menge und Gleichartigkeit der Zusammensetzung in geringsten Grenzen schwankt. Rücksichten auf den hygienischen Zustand der Anlage, der verhältnismäßig hohe Preis, der für Staubkohle erlöst wird, und die geringere Verschmutzung des Waschwassers erklären ferner leicht die weit verbreitete Einführung der Staubabsaugung. Ist diese durch die Feuchtigkeit der Kohle nicht möglich, so würde ich die nasse Entfernung aller Feinkohlen unter 0,4 mm zwischen Bunker und Setzwäsche empfehlen. Klassierapparate und Setzmaschinen arbeiten nach dieser Vorentschlämmung wesentlich besser, ihre Leistung wird erhöht und das Waschwasser viel weniger verschmutzt. Wir sind jetzt durch die Schwimmaufbereitung leicht in der Lage, reines Gut herzustellen, falls diese durchgebrauste Kohle nicht aschenarm genug sein sollte, um unmittelbar der Kokskohle zugesetzt zu werden.

Setzmaschinen.

Ob das immer noch am meisten angewandte Verfahren der Setzwäsche nach dem Plan „erst setzen, dann sieben" oder umgekehrt arbeiten soll, darüber ist der Streit der Meinungen entschieden. Das Baumsche Verfahren, keine oder geringe Vorklassierung vor der Setzarbeit anzuwenden, hat sich überall da eingeführt, wo die Kohlenbeschaffenheit einen derartigen Waschgang zuläßt. Die Untersuchungen nach dem Schwimm- und Sinkverfahren, Siebanalysen[1]) und Probeverwaschungen im Laboratorium ermöglichen hier, bestimmte eindeutige Entscheidungen zu treffen. An den Setzmaschinen selbst sind in den letzten Jahren Versuche gemacht worden, bei gleicher Grundfläche die Leistung zu erhöhen, und zwar hauptsächlich durch Einschränken oder völliges Unterdrücken des besonderen Kolbenraumes. Die Schreibersche Setzmaschine hat im Niederschlesischen Bergrevier schon längere Zeit Anwendung gefunden und wird gelobt, immerhin erscheint mir der Gewinn an Grundfläche durch den unfehlbar auftretenden starken Verschleiß der in der Trübe arbeitenden Teile als zu teuer erkauft. Noch weiter verbreitet ist die Braunsche Setzmaschine, ebenfalls in Waldenburg, und namentlich bei Wäschen mit beschränktem Platz sind von ihr erhebliche Vorteile zu erwarten; der Nachteil, daß der durchgesetzte Stoff auf den Kolben fällt, ist gering. Die Meguin-A.-G. sucht auch diesen Nachteil durch ihre Setzmaschine mit versenkt liegenden doppelt wirkenden Kolben zu vermeiden. Was die unterschiedliche Verwendung der Batterie- und Stromsetzmaschinen anbelangt, so wäre festzustellen, daß bereits seit langen Jahren die Stromsetzmaschinen wegen ihrer höheren Leistungsfähigkeit bevorzugt werden. Zur Zeit ist man damit beschäftigt, auch bei Kohlensetzmaschinen der Form des Setzgutträgers und zusammenhängend damit dem Austrag erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken; die Salfeldsiebe, die sich für Erz bewährt haben, sollen auch für Kohle eingeführt werden[2]).

Wüster hat in seinem Aufsatz „Die Rheo-Kohlenwäsche"[3]) schon darauf hingewiesen, daß der Versuch, Rohkohle in Gefluten, Stromvorrichtungen u. dgl. aufzubereiten, durchaus kein neuer Gedanke ist, auch führt er nach dem Lehrbuch von Schennen und Jüngst[4]) die Bedenken an, die immer wieder gegen dieses Verfahren geltend gemacht worden sind. Nun scheint das Rheo-Waschverfahren, das inzwischen bei mehreren Gruben Deutschlands und zahlreichen des Auslandes in Anwendung gekommen ist, doch einen wesentlichen Fortschritt gebracht zu haben. Es soll für Grobkohle von 8 bis 80 mm, selbst bis 100 mm Anwendung finden können, Feinkohle bis zu einer Höchstgrenze von 12 mm, Schlamm bis herunter zu 0,5 mm wirkungsvoll waschen. Die Grobkohle wird lediglich beim Durchlaufen einer rechteckigen Rinne in Konzentrat, Mittelgut und Berge getrennt, nachdem auch hier je nach den Eigenschaften des Rohaufwerks eine grobe oder engere Vorklassierung stattgefunden hat. Es trennen sich in der Rinne bei angenähert wagerechtem Wasserstrom die Bestandteile nach ihrem spezifischen Gewicht, wobei sowohl dies wie die unterschiedliche Kornform, d. h. die Flachbrüchigkeit des Schiefers und die Würfelform der Steinkohle, als auch die verschiedenen Reibungsbeiwerte eine wesentliche Rolle spielen sollen. Welches nun die genauen physikalischen Gesetze für das Zustandekommen der Trennung sind, läßt sich heute noch nicht sagen. Eingehende experimentelle Untersuchungen fehlen ganz, und rechnerisch läßt sich der Angelegenheit zunächst der vielen veränderlichen Voraussetzungen wegen auch nicht beikommen. Bei der Aufbereitung von Feinkohle und von Schlämmen wird bei den Austragschlitzen ebenfalls Klarwassergegenstrom eingeführt. Die Trennung dürfte hier wesentlich nach den Gesetzen der Gleichfälligkeit stattfinden. Im übrigen wird wohl auch in den Rinnen eine Art Setzvorgang im seichten Wasserstrom vor sich gehen. Daß man durch Kaskadenschaltung, d. h. durch mehrmaliges Nachverwaschen zu der erforderlichen Reinheit von Kohlen und Bergen gelangt, dürfte bekannt sein. Man wird, wie ich glaube, folgende Voraussetzungen für die Wirksamkeit einer Rheo-Kohlenwäsche machen müssen: Unbedingtes Einhalten einer völlig gleichmäßigen Aufgabe nach Menge und Stoffzusammensetzung, also Zwischenschaltung sehr reichlich bemessener Bunker und einer wirksamen Speisevorrichtung. Wechselt die Zusammensetzung des Rohhaufwerks häufig, so kann man meines Erachtens dem bei Setzmaschinen leichter Rechnung tragen als bei Rheo-Wäschen. Geschichtete flachbrüchige Bergebestandteile und rein würflig brechende Kohle scheinen dem Verfahren einen Vorsprung zu sichern. Soweit ich es aus den bisherigen Veröffentlichungen und nach eigner Besichtigung von Rheo-Wäschen beurteilen kann, wird die Aufbereitung von Steinkohle nach dem Rheo-Verfahren sich neben den Setzwäschen ihren Platz auch bei uns erobern.

Mit Setzwäsche und Rheo-Verfahren sind die in Deutschland üblichen Aufbereitungsverfahren der Steinkohle, bei denen hauptsächlich das spezifische Gewicht eine Rolle spielt, erschöpft. Die folgenden: Herdwäsche, Notanos-Kohlenwascher und Sand-Schwimmverfahren haben ihre Heimat und ihr Anwendungsgebiet bis jetzt in England und Amerika.

Herdverwaschung[5]).

Die Grundlagen der Herdverwaschung sind bekannt. Arbeiten die Herde auf Kohle, so geht diese als das spezifisch leichtere da ab, wo wir bei Erz die Berge finden,

RZ 515 Z1u2

Abb. 1 und 2. Plat-O-Herd für Kohle.

[1]) Siebanalysen, Schwimm- u. Sinkversuche zur Klärung u. Überwachung von Aufbereitungsvorgängen usw., Groß, „Kohle und Erz" Bd. 22 (1925) Nr. 17 S. 672/681, Sondernummer zur Kohlentagung.

[2]) Groß, „Versuche mit Salfeldsieben in der Kohlenaufbereitung" „Glückauf" Bd. 59 (1923) S. 168.

[3]) „Glückauf" Bd. 58 (1922) S. 1477.

[4]) Schennen u. Jüngst, Lehrbuch der Erz- und Steinkohlenaufbereitung. Enke Stuttgart 1913.

[5]) Coal Age Bd. 26 (1924) S. 217.

Abb. 3 bis 5. „Notanos"-Wäscher für Kohle.

a Aufgabevorrichtung
b Aufgabeverteilung
c Herdfläche
d Regelbarer Überlauf
e Entwässerungsfläche
f Entwässerungskasten
g Wasserablauf
h Frischwasserzugabe
i Bergeaustrag
k Herdantrieb.

also bei Tafelherden zunächst der Antriebseite. Als schwerster Bestandteil kann der Schwefelkies abgezogen werden. Der in Abb. 1 und 2 dargestellte Herd hat eine Länge von 2 m, eine Breite von 4 m und soll nach Angabe der Firma durchschnittlich bei einem Korn von < 6 mm 4½ bis 7 t, < 9½ mm 6 bis 9 t, < 12,7 mm 9 bis 11 t, < 16 mm 11 bis 13 t und < 19 mm 13 bis 14½ t in der Stunde leisten. Hierbei fällt zunächst auf, daß man Korn bis nahezu 20 mm auf Herden verwaschen will, ein bei uns gänzlich unbekanntes und ungeübtes Verfahren, und weiter die verhältnismäßig hohe Leistung. Einen gleichen Herd hat man auf der Oughterside Colliery, Cumberland, hinter die Schwimmaufbereitung geschaltet[1]), in der gebrochene Mittelerzeugnisse verarbeitet wurden, und zwar mit der Absicht, die Kohle über 2,5 mm aus den Schwimmabgängen herauszuwaschen.

In seiner Wirkung entspricht den Herden der in England weit verbreitete Notanos-Kohlenwascher[2]), Abb. 3 bis 5. Er gleicht einem Herd geringer Breite und großer Länge, dessen Arbeitsfläche auf Rollen gelagert ist und den auch bei uns bekannten Markusantrieb hat. Das vorklassierte Waschgut wird bei *a* aufgegeben, breitet sich über *b* aus und geht bei *c* auf die eigentliche Waschfläche über. Dem Gut wird aus den Brausen *h* ein Klarwasserstrom entgegengeschickt, die Berge wandern den Herd aufwärts, um bei *i* ausgetragen zu werden. Die Kohle wird durch die Schwelle *d*, die regelbar ist, vom Waschwasser zunächst nach der Antriebseite zu abgeschwemmt, wandert dann wieder auf *e* nach rechts, wobei sie gelochte Bleche oder geschlungene Siebe auf dem Boden *e* durchläuft, um dann ausgetragen zu werden. Auf der Waschfläche, namentlich in der Nähe der Brausen angebrachte Rillen unterstützen das Abtrennen der Kohle von den Bergen in der bekannten Weise. Auf 1 t gewaschene Kohle sollen 75 l Wasser und 0,8 PS verbraucht werden.

Sand-Schwimmverfahren [3]).

Die Sand-Schwimmaufbereitung, die einzig rein nach dem spezifischen Gewicht arbeitende, eignet sich nach den Angaben der Literatur nur bis herunter zu einer Korngröße von 3 mm. Feineres Korn stört den Verarbeitungsgang wesentlich. Damit ist bereits sein Anwendungsbereich äußerst beschränkt. Da sich entsprechende Verfahren bei uns zur Verarbeitung von Feuerungsrückständen bewährt haben, wird man auch für die Aufbereitung der Steinkohle nicht achtlos an dem Verfahren vorübergehen können. Abb. 6 zeigt die schematische Anordnung der Apparatur, bezüglich ihrer Wirkungsweise verweise ich auf die Berichte in „Glückauf" und „Metall und Erz"[3]).

[1]) Colliery Guardian 1921 Nr. 3313 S. 1645.

[2]) J. E. Lister, „The Screening and Grading of Materials", London 1924, Ernest Benn Ltd., S. 73.

[3]) „Glückauf" Bd. 60 (1924) S 1098; Colliery Guardian 1924 Nr. 3321 S. 488; „Fuel" 1924 Heft 8 S. 269; „Mining and Metallurgy" Bd 6 (1925) S. 34; Engineering and Mining Journal Press Bd. 116 (1923) Heft 15, berichtet in „Metall und Erz" Bd. 21 (1924) S. 433.

Trockne Aufbereitung von Steinkohle.

Während bei uns die trockne Aufbereitung der Steinkohle trotz zahlreicher erteilter Patente nicht über die Staubabsaugung hinausgekommen ist, haben trockene Verfahren in Amerika auch praktische Anwendung gefunden. Ich erwähne hier die Fliehkraft-Schleudermaschinen[4]), bei denen sowohl das spezifische Gewicht, als auch der unterschiedliche Reibungsbeiwert zum Abscheiden von Bergen aus Kohle benutzt wird, Abb. 7 und 8. Der Reibungsbeiwert von Schiefer soll 50 vH größer sein (0,6) als der von Kohle (0,4). Korn von 10 bis 100 mm, das in vier Klassen unterteilt ist, wird nach dem Verfahren aufbereitet. Klas-

[4]) „Fuel" 1924 Heft 8, S. 263; J. E. Lister, „The Screening and Grading of Materials", London 1924 Ernest Benn Ltd., S. 73.

Abb. 6. Sand-Schwimmaufbereitung.

a Antrieb des Rührwerks
b Trenn-Spitze
c Klassier- und Reinigungssiebe f. Kohle
d Austräge der klass. Kohle
e Sandgerinne
f Überlauf der Schlammkohle
g Sand-Spitze
h Sand-Rückführung
i Aufgabe
k Überlauf der aufgeschwemmten Kohle
l Sandpumpe
m Bergekammer
n Bergeförderer
o Bergesiebe
p Bergekasten
q Frischwasserzugabe
r Einstellhahn zu q
s Hals der Trennspitze
t Bergeschieber.

sierte Rohkohle läuft die in mehreren Schraubengängen angeordneten inneren schiefen Ebenen herab, durch die Fliehkraft wird der Bestandteil geringerer Reibung, also die Kohle, in die äußere Spirale ausgeworfen, während der Schiefer die innere Rinne nicht verläßt. 1 bis 2 vH Schiefer und ähnliche Verunreinigungen sollen dabei in der Kohle bleiben, die Leistung beträgt 5 bis 8 t/h[1]).

Trockne Aufbereitung auf Herden[2]).

In ihrer Form gleichen die in Amerika zur Kohlenreinigung mittels Druckluft angewandten Herde unseren Krupp-Ferraris-Schüttelherden. Die Herddecke ist luftdurchlässig gearbeitet. Die Art der Trennung ist die gleiche wie bei dem Verwaschen mit Wasser. Man verarbeitet ziemlich eng klassierte Kohle in Korngrößen von 3 bis 40 mm. Der Kraftverbrauch soll 2,35 bis 2,0 kWh für 1 t Kohlen betragen, die Kosten 20 c/t, der Aschengehalt der Abgänge 82 bis 87 vH.

Die hauptsächlichsten Verfahren zum Aufbereiten von Steinkohlen auf Grund des spezifischen Gewichtes der Bestandteile dürften hiermit, wenn auch nicht erschöpfend, so doch in ihren kennzeichnenden Vertretern behandelt sein. Die vorstehend behandelte, bei uns nicht oder nur wenig angewandte Trennung in Aufschlämmungen hohen spezifischen Gewichtes und die trockne Aufbereitung verdienen ihrer unleugbaren Vorteile wegen ernste Beachtung.

Alle bisher behandelten Verfahren sind nicht in der Lage, Kohlenschlamm unter 0,4 mm, in einzelnen Fällen unter 0,25 mm, wirkungsvoll aufzubereiten. Von den zahlreichen Versuchen zur Schlammaufbereitung hat nur einer breiteren Eingang in die Technik gefunden. Davon ausgehend, daß der Aschengehalt in den Schlämmen hauptsächlich von hochdispersen Tonen herrührt, führt man die Schlämme über mit Feinsieben bespannte Schüttelrinnen, gleichzeitig wird in der Nähe der Aufgabe Frischwasser aufgebraust; dieses soll die tonige Masse durch die Siebe hinwegführen; die Kohle wird in gereinigtem und stark vorgetrocknetem Zustand ausgetragen. Das Verfahren findet seine Grenze in der Unmöglichkeit, durch feinere Siebe als etwa 0,25 mm Maschenweite die Tontrübe genügend zum Durchlaufen zu bringen.

[1]) Peele, Mining Engineers Handbook. New York 1918. S. 1889.

[2]) Colliery Guardian 1924 Nr. 3313 S 1647 u. 1924 Nr. 3318 S. 291 u. 1924 Nr. 3332 S. 1203; Chemisches Zentralblatt Bd. 2 (1924) S. 2720, „Trockne Reinigung der Kohle".

Abb. 7. Spiral-Fliehkraftschleuder für Kohlen.

Die Öladsorptions-Verfahren.

Die in stetiger Zunahme begriffenen Öladsorptions-Verfahren haben endlich die Lösung des Kohlenschlammproblems gebracht. Auch sie sind freilich noch mit Kinderkrankheiten behaftet, wirtschaftlicher sowohl wie technischer Art, die jedoch in den meisten Fällen zu überwinden sein werden. Von den beiden in größerem Maße zur technischen Durchführung gelangten Verfahren hat nur das Schaum-Schwimmverfahren in Deutschland Eingang gefunden, während das Trent-Amalgamverfahren bis jetzt fast nur auf die Vereinigten Staaten von Amerika beschränkt geblieben ist. Bei dem Schaum-Schwimmverfahren, der Flotation, stehen sich bei gleichen theoretischen Grundlagen im wesentlichen zwei technische Ausführungsformen gegenüber: das Druckluft- und das Rührwerkverfahren, deren Grundzüge ich als bekannt voraussetze[3]). Der wesentliche Unterschied besteht in der Erzeugung des Schaums. Während bei dem Druckluftverfahren die gasförmige Phase durch Einblasen von Druckluft in das heterogene Gemisch flüssig-fest erzeugt wird, bedient sich das Rührwerkverfahren hierzu schnell umlaufender Flügel, Schlagleisten u. dgl., die die Luft in die Flüssigkeit einpeitschen und höchstwahrscheinlich vorübergehend darin lösen oder, wie man analog einer Mischung flüssig-flüssig sagen könnte, emulgieren. In der Art des Einpeitschens von Druckluft ist gleichzeitig die Verteilung des Schwemmittels begründet. Auch dieses wird, soweit es nicht löslich ist, weitgehend emulgiert; hierin liegt ein ungeheurer Vorteil der Rührwerkverfahren. Nicht allein werden die Schwemmittel weitgehender für den Vorgang ausgenutzt, sondern ziemlich sicher bilden gerade die emulgierten Bestandteile des Schwemmmittels jene zähflüssig bis festen Blasenhäute, die im Schaum zur Erhöhung der Tragfähigkeit erwünscht sind. So finden wir das Rührwerkverfahren bis zu Korngrößen von 2, ja vielleicht bis zu 3½ mm anwendbar, während das Druckluftverfahren bei 0,4 bis 0,5 mm die Grenze

[3]) Groß, „Ausschäumen sulfidischer Erze im Laboratorium", „Metall und Erz" Bd. 18 (1921) S. 483; Groß, „Schwimmaufbereitung" Ullmann, Enzyklopädie der Technischen Chemie Bd. 10 (1922) S. 330; Groß, „Vergleichende Versuche zur Schwimmaufbereitung des Graphits", Z. f. angewandte Chemie Bd. 35 (1922) S. 681.

Abb. 8. Spiral-Fliehkraftschleuder.

a Vorratsbunker
b Aufgaberegler
c Schüttelaufgabe
d Exzenterantrieb (51 mm Hub, 100 Uml. min)
e Blattfedern aus Eiche, 13 × 127 mm Querschnitt
f Einlaufrutschen (Neigung von 1:2 bis 1:3 veränderlich)
g Reglung der Rutschenneigung
h Einstellung der Trennspiralen
i Auffangspirale für die Reinkohle
k Schieferaustrag
l Kohlenaustrag
m Lagerbalken.

seiner Vollkommenheit findet und es mir nur ausnahmsweise gelungen ist, es unter Verwendung von voremulgierten Schwemmitteln, manchmal auch durch Erwärmung der Trübe, bei Korn bis zu 0,75 mm anzuwenden. Fernerhin ergibt sich in der Mehrzahl der Fälle durch das Rührwerkverfahren eine erhebliche Ersparnis an Schwemmitteln. Vergleichende Versuche mit dem gleichen Haufwerk haben Unterschiede zwischen 250 und 800 g für die Tonne Rohhaufwerk ergeben. Dennoch sind die Schaum-Schwimmverfahren, die mit Einpeitschen von Luft arbeiten, nicht unbedingt und in allen Fällen dem Druckluftverfahren überlegen. Wegen der Schwierigkeiten der Entwässerung und Trocknung der Flotationskonzentrate wird man es vermeiden, dem Verfahren unnötig große Mengen zuzuführen und wohl meist versuchen, das Korn bis 0,5 oder 0,4 mm auf Bettsetzmaschinen oder Stromwäschen aufzubereiten. Nur wenn die Steinkohlen-Waschapparate aus betrieblichen Gründen unbedingt entlastet werden müssen oder der Schlamm allein schlechte Ergebnisse der Aufbereitung zeitigt, wird man sich entschließen, bis zu den Höchstkorngrößen das Schwemmverfahren anzuwenden.

Weiterhin haben meine Versuche und mir von anderer Seite zugänglich gemachte Erfahrungen die Eigentümlichkeit gezeigt, daß bei Vorwalten hochdisperser toniger Bestandteile zunächst die Kohle mit größerem Aschengehalt ausflotiert und dann erst reinere Konzentrate nachfolgen. Vielfach ist man überhaupt nicht in der Lage, durch Rührwerkverfahren im ersten Gang Kohle unter 14 bis 16 vH Asche zu erzielen. In solchen Fällen habe ich in Druckluftzellen bessere Erfolge erreicht und führe dies darauf zurück, daß in ihnen eine schädliche Nachzerkleinerung der tonigen Berge, wie sie bei Rührwerken mit hoher Umfangsgeschwindigkeit eintreten muß, entfällt. Die feinen Tone unter 0,05 mm bis zu kolloiden Dimensionen sind auch neben den entsprechenden Kohlenkorngrößen die starken Verbraucher an Schwemmitteln, und selbst beim Rührwerkverfahren ist bei solchem Stoff ein Aufwand von 1000 g und mehr auf eine Tonne nicht außergewöhnlich.

Es erscheint heute technisch stets möglich, aus jedem Kohlenschlamm noch reine Kohle auszuschwemmen, wirtschaftlich dürfte aber das Verfahren bei einem Ausbringen von weniger als 30 vH Edelkohle mit weniger als 7 bis 8 vH Asche seine Grenze durch die Anlage- und Betriebskosten finden. Bei zerkleinertem Mittelgut und insbesondere bei Bergen mit niedrigem Aschengehalt habe ich mit dem Schwemmverfahren durchgängig schlechte Erfahrungen gemacht. Vielfach wird als besonderer Vorteil der Schwemmaufbereitung der hohe Aschengehalt der Berge angegeben; indessen, wo man nicht in der Lage ist, den feinen Bergeschlamm zur Versickerung auf geeignete Halden zu spülen, bildet er ein äußerst lästiges Nebenerzeugnis, das nur in den seltensten Fällen wirtschaftlich zu verwenden sein wird. Daher empfehle ich, in der Schwemmaufbereitung nur auf Edelkohle und Mittelgut zu arbeiten, und das Mittelgut, wenn möglich, der eigenen Kesselfeuerung zuzuführen. Neuere Erfahrungen haben gezeigt, daß man unter Beimischung von Koksgrus und Mittelprodukten aus den Setzwäschen Aschengehalte bis zu 35 vH in den Mittelprodukten zur Kesselfeuerung zulassen kann.

Trent-Amalgamverfahren[1]).

Zu den Öladsorptions-Verfahren gehört auch das von Walter E. Trent im Jahre 1918 erfundene. Fünf Aufbereitungen sind in den Vereinigten Staaten von Amerika im Gange, drei weitere in Vorbereitung, eine läuft in Frankreich, eine ist für Brasilien geplant. Die aufzubereitende Kohle wird nach diesem Verfahren grundsätzlich auf rd. 100 Maschen (0,147 mm) aufgeschlossen, sodann in einem Amalgamator durch heftiges Rühren mit 15 vH des Kohlengewichts Heizöl vermengt. Kohle und Öl ballen sich zu kaviarähnlichen Knollen zusammen, die nahezu frei von Wasser sind. Die Bergebestandteile bleiben in Schwebe und werden später von den Knollen durch Klassieren auf umlaufenden Sieben getrennt. Hierbei wurde z. B. ein Erzeugnis mit 4 vH Asche und 40 vH flüchtigen Bestandteilen bei einem Heizwert von 16 000 B. t. u./lb = 8890 kcal/kg

Abb. 9. Trent-Amalgamverfahren.

mühelos erreicht. Abb. 9 zeigt den Verarbeitungsgang. Das entstandene Amalgam wurde zuerst in Briketts von 11½ kg geformt und in wasser- und öldichtes Papier gepackt. Seine Hauptanwendung fand es für den Hausbrand und kleinere Dampfheizungsanlagen.

Jetzt hat man einen Brenner für das Rohamalgam herausgebracht, der für Lokomotivfeuerung und kleinere Kesselanlagen zufriedenstellend arbeiten soll. In Frankreich wird das Verfahren durch die Société des Combustibles Purifiés in Lapugnoy bei Béthune vertrieben. Es verdient unsere Beachtung, weil man die Kohle nahezu wasserfrei erhält und weil für das Kohle-Verflüssigungsverfahren eine ähnliche Amalgamierung meines Wissens als Vorbereitung dient.

Kohleentwässerung.

Über die Entwässerung der groben Kohlenklassen ist Neueres nicht zu berichten, Schwierigkeiten treten auch nicht auf. Diese beginnen bei der feinen Kohle und sind beim Schlamm noch nicht restlos gelöst worden. Das seit langen Jahren gebräuchlichste Verfahren der Turmentwässerung für Feinkohlen mit eingebauten Entwässerungsrohren und unten befindlichen Entwässerabzugschiebern zum Vermindern des Wassergehalts auf rd. 10 vH hat sich bis heute gehalten, da die maschinelle Entwässerung auf Filtern, Schleudern und Pressen im allgemeinen noch nicht so weit durchgearbeitet ist, wie das für die Herstellung geeigneter Kokskohle notwendig wäre. Die Baggerentwässerung ist in letzter Zeit in ihrer Bedeutung wieder etwas zurückgetreten, da die notwendigen maschinellen Einrichtungen erhebliche Anlage- und Betriebskosten verursachen, die nicht ohne weiteres die Ersparnisse durch Wegfall der Schwemmtürme ausgleichen können.

Die maschinelle Entwässerung für Schlämme[2]) durch Benutzung von umlaufenden Zellenfilter-Saugtrocknern ist in den letzten Jahren in größerem Umfang durchgeführt worden und wird die Filterpressen auf diesem Gebiet vollständig verdrängen. Nur bei kleinen Anlagen und gutartigen Schaumkonzentraten wird man damit auskommen, diese mit auf die Entwässerschwingsiebe (Kreissche Rinnen) oder Entwässerbecherwerke für Feinkohle zum Trocknen mit aufzugeben.

Die bei der Erz-Schwemmaufbereitung mit Erfolg angewandten Entwässerschüttelkipper dürften sich für Kohlen nicht bewähren. Am meisten Aussicht auf Erfolg haben

[1]) „Fuel" 1924 Heft 7 S. 252; Coal Age Bd. 26 (1924) S. 715 u. Bd. 2 (1925) S. 139.

[2]) Marinebaurat M. Prüß, „Neuerungen in der Abwasser- und Schlammbehandlung auf den Zechen des Ruhrbezirks"; „Glückauf" Bd. 61 (1925) S. 500.

ununterbrochen arbeitende Filter, bei denen z. B. die Schlämme in den Trog einer umlaufenden Saugtrommel eingeleitet werden und durch die Luftleere, unter die der Trommelumfang gesetzt wird, das Wasser durch die Umspannung hindurchgesaugt wird, während die Schlammteile sich auf dem äußeren Umfang des Gewebes festsetzen. Da die Trommel verhältnismäßig langsam läuft und das aufgesogene Gut, ehe es abgestrichen wird, längere Zeit durch die Luft geführt wird, findet mittels des durchgesaugten Luftstromes eine sehr starke Abtrocknung statt, so daß der Wassergehalt des abgestrichenen Gutes rd. 20 vH betragen dürfte.

Auch der Entwässerung auf Schleudern und Trocknern ist Beachtung zu schenken. Ich verweise hier auf die ausgezeichneten Bücher: B. Block „Die sieblose Schleuder"[1]) und Marr „Das Trocknen und die Trockner"[2]), wozu ich ergänzend noch die Jungsche Entwässerschleuder[3]) und das Madruckverfahren erwähnen möchte.

[1]) Leipzig 1921. Otto Spamer.
[2]) München und Berlin 1923, R. Oldenbourg.
[3]) DRP Nr. 378453 Kl. 1a, Nr. 378686 Kl. 1a und Nr 383765 Kl. 1a, W. Jung, Trier.

Zusammenfassung.

Der gegenwärtige Stand der Steinkohlenaufbereitung hat sich bei der Verarbeitung der Grobkohle in den letzten 20 Jahren in Deutschland wenig verändert. Der Setzmaschinenprozeß herrscht allenthalben noch vor, nur durch die Wiederbelebung und Verbesserung der Stromwäschen macht sich eine Veränderung bemerkbar. Im Ausland wird Grobkohle auch auf Herden, in schwerer Suspension und nach trocknen Verfahren bearbeitet. Bei Feinkohle liegen die Verhältnisse fast gleich. Auch hier herrscht die Bettsetzmaschine vor, Stromwäschen verschaffen sich bei uns vermehrten Eingang. Die Erfolge auf trocken und naß arbeitenden Herden sind beachtenswert. Die größten Neuerungen sind auf dem Gebiete der Behandlung und Bearbeitung von Schlammkohle zu verzeichnen. Hier bringen uns die Öladsorptionsverfahren Aussicht auf wirtschaftlichere Verwertung bisher wenig ausgenützter Massen. Die Schwierigkeiten bestehen hauptsächlich noch in der Trocknung und zum Teil auch in der Verwertung der gewonnenen Edelkohle. [B 516]

Speisewagen mit neuartiger Platzanordnung.

Der Platzbedarf in den Speisewagen ist außerordentlich hoch. Mit ihm wächst auch das Bedürfnis an Ausstattung und Bequemlichkeit, und die bisher übliche Platzanordnung wurde schon längst als störend und unzeitgemäß empfunden.

Bei der bisher üblichen Tischanordnung mit rechteckiger Form sind die Tische mit der Schmalseite mittels gleich breiter Leiste klappbar an der Wagenseitenwand angeschlossen, und an der Längsseite des Tisches stehen zwei gleichgerichtete Stühle dicht nebeneinander, die mit ihren Rückenlehnen an die der Stühle des Nebentisches so nahe anschließen, daß ein Durchgehen vom Fensterplatz nach dem Mittelgang ohne Störung des Nachbarn nicht möglich ist. Ebenso schwierig ist die Bedienung der Fensterplätze für die Kellner vom Mittelgang aus und die Aufstellung der Getränke mit Geschirr für die Plätze am Mittelgang. Auch für den Verkehr im Mittelgang ist diese Platzanordnung durchaus störend.

Abb. 1. Neuere Form für die Einrichtung der Speisewagen mit patentiertem Grundriß der Tischanordnung.
a, b Fensterplätze *c* Mittelgang *d* Zwischenraum zwischen zwei Tischen *e* Kühler *f* Flaschenbehälter *g* Gläserbehälter *h* schmale Leiste für elektrische Tischlampe.

Abb. 2. Frühere Einrichtung der Speisewagen.

Bei der neuen Anordnung der Plätze, wie sie in den von der Firma Wegmann & Co., Kassel, gebauten Speisewagen getroffen und aus Abb. 1 in maßstäblicher Gegenüberstellung zur üblichen Grundrißlösung in Abb. 2 ersichtlich ist, hat die Tischplatte rhombische oder ähnliche Form, bei der es wesentlich ist, daß die Sitze in einer zu den Außenwänden schrägen Richtung angeordnet sind. Man kann die Stühle rücken und drehen, ohne den Inhaber eines benachbarten Platzes zu stören, und ebenso ist der Durchgang von den Fensterplätzen *a* und *b* zum Mittelgang *c* ohne Störung der Mitreisenden möglich. Der Kellner kann beim Bedienen der Gäste aus dem Mittelgang in den Raum *d* treten, also jeden Tisch von drei Seiten bedienen. Ohne Beeinträchtigung der Tischfläche lassen sich Kühler *e* und Flaschen- oder Gläserhalter *f* und *g* anbringen. Auf der schmalen Leiste *h* kann zur Erhöhung der Behaglichkeit eine elektrische Tischlampe angebracht werden, deren Fuß als Gewürzständer mit Gläserhaltern ausgebildet ist.

Das Bestreben, bei neuzeitlichen Verkehrsmitteln den Reisenden das Reisen möglichst bequem und angenehm zu machen, hat die Waggonfabrik Gebr. Schöndorff, A.-G., Düsseldorf veranlaßt, in die Züge auf der Strecke Düsseldorf-Krefeld seit August 1924 besondere Ausschankwagen einzustellen. Die Fahrzeit beträgt etwa 50 min; das ist an sich also nicht viel, aber gleichwohl dürften die Fahrgäste es angenehm empfinden, wenn sie auch innerhalb dieser Stunde eine kleine Erfrischung zu sich nehmen können. Das Innere dieser Wagen ist aus Abb. 3 ersichtlich. Der Wagen bietet Platz für 32 Personen; die Sitze haben gefederte Lederpolster und die Tische Linoleumbezug. Der Anrichteraum, der mit elektrischen Kochapparaten wie Kaffeemaschinen, Warmwasserkessel, Wasserkocher ausgestattet ist, hat zwei Ausgabeschalter, die in der Längsrichtung des Wagens angeordnet sind. Verabfolgt werden lediglich kleinere Erfrischungen wie Kaffee, Tee, Bier, Mineralwasser usw., ferner belegte Brote und Gebäck.

Die Rheinische Bahngesellschaft hat bisher zwei Ausschankwagen in ihren Betrieb eingestellt, und es ist anzunehmen, daß auch andere Kleinbahnunternehmen sich diese neue Einrichtung zunutze machen werden. [M 225] Przygode.

Abb. 3. Innenansicht des Ausschankwagens.

Maschinen für Massenverpackung.

Von Dr.-Ing. Kurt W. Geisler, Berlin.

(Schluß von S. 922.)

4) Tubenfüll- und -schließmaschine.

Die Aufgabe des Tubenfüllens und -schließens ist ganz besonders schwierig durch eine Maschine zu erfüllen. Denn hier handelt es sich einmal um genaueste Mengenteilung und Einfüllung sehr schwer zu behandelnder Stoffe, wie z. B. Pasten, und sodann um das saubere Schließen der Tube, die in der Regel aus einem nicht übermäßig festen Stoff besteht. Jedoch ist es gelungen, auch für diese Zwecke einwandfrei arbeitende Maschinen zu bauen. Man kann sie ausbilden als Tubenfüllmaschine mit einer Abfüllvorrichtung, ähnlich wie auf S. 917 dargestellt, und kann darauf das Schließen in einer besonderen Schließmaschine, Abb. 21, in die die gefüllten Tuben von Hand eingesetzt werden müssen, besorgen lassen, oder man kann eine vereinigte Maschine nach Abb. 22 verwenden.

Die nähere Beschreibung der Füllvorrichtung erübrigt sich an dieser Stelle. Flüssige oder halbflüssige Massen gelangen durch Saugwirkung (wie bei der Abfüllmaschine) in den Meßzylinder und aus diesem durch Kolbendruck in die Tuben, die bis in die Verschraubung hinein vollgefüllt werden. Bei pastenartigen Massen wird, wenn nötig, die Saugwirkung durch ein- und ausschaltbare Druckschaufeln im Vorratstrichter unterstützt. Noch zähere Massen werden nicht vom offenen Vorratstrichter unter Saugwirkung dem Meßzylinder zugeführt, sondern an Stelle des offenen Vorratstrichters tritt ein geschlossener Vorratszylinder mit einem Druckkolben, der absatzweise zwangläufig vorgeschoben wird und daher das Füllgut unter Druck in den Abfüllzylinder schiebt, von wo aus es wiederum unter dem Druck eines Kolbens in die Tube gelangt. Massen, die nur im warmen Zustand abgefüllt werden können, werden durch Warmwasser oder Heizdampf, der durch das Ventil des in diesem Falle doppelwandig ausgebildeten Vorratstrichters strömt, angewärmt. Bei *a*, Abb. 22, wird die Masse ausgestoßen. Die Schubstange *b*, deren Hub und damit die jeweils angesaugte Menge durch die kleine Schraube *c* verstellbar ist, betätigt den Füllkolben im Zylinder *d*; der Hebel *e* bewirkt im Gehäuse *f* die Verstellung eines Dreiwegehahnes derart, daß einmal beim Ansaugen der Weg vom Fülltrichter zum Füllzylinder und dann wieder beim Rückgang des Kolbens nach oben der Weg vom Zylinder zum Abfüllstutzen *a* hin freigegeben wird.

Abb. 21 zeigt die eigentliche Schließmaschine genauer. Die Einsatzbacken *a* müssen für jede Tubengröße richtig bemessen werden und sind auswechselbar. Die Tuben ruhen nach dem Einsetzen von Hand mit dem Verschluß nach unten auf dem je nach der betreffenden Tubenlänge einstellbaren Führungsring *b*. Während nun die sechs Zangenpaare sich in bestimmten Zeitabständen öffnen und schließen, machen die Einsatzbacken mit ihren Tuben eine diesem Zeitabstande angepaßte ruckartige Vorwärtsbewegung auf der Führungsschiene, derart, daß beim nächsten Zusammengehen der Zangenbacken jede Tube gerade unter der nächsten Zange angekommen ist, um sich zur Vollziehung eines bestimmten, durch die Form der Zangen gegebenen Arbeitsganges darzubieten. Schließlich fallen die fertiggeschlossenen Tuben in die Förderrinne *c*.

Zur genaueren Veranschaulichung des Schließvorganges seien in Abb. 23 bis 25 die Zangen der einzelnen Arbeitsstufen in offenem und geschlossenem Zustande vorgeführt. Abb. 23 bis 25 zeigen die Abstreichvorrichtung der Stufe I. Die Zange drückt die Tube zusammen, quetscht dabei überflüssige Masse heraus, die dann durch die Abstreifer *d* und *e* in einen Vorratskasten zurück-

Abb. 21.
Tubenschließmaschine mit Einzelantrieb.
a Einsatzbacken *b* Führungsring *c* Förderrinne

Abb. 22.
Vereinigte Tubenfüll- und -schließmaschine.
a Ausstoßstelle *b* Schubstange *c* Verstellschraube
d Zylinder *e* Verstellhebel *f* Gehäuse.

Abb. 23 bis 25. Schließzange mit Abstreifvorrichtung der Tubenschließmaschine, Stufe I.

d e Abstreifer

Abb. 36. Maschine zur Herstellung von gefüllten, mit einer Papierumhüllung versehenen Kartonpäckchen.

a Revolver zum Falten und Kleben des Kartons
b Revolver zum Füllen des Kartons u. Schließen des Deckels
c Revolver zum Umlegen und Schließen der Hülle
e_1 Schütttrumpf.

geworfen wird. Abb. 26 und 27 zeigen die Falzzangen der Stufe II, mit denen eine einmalige Umfalzung des Tubenbleches erreicht wird. Die in Abb. 28 und 29 dargestellten Zangen der Stufe III bewirken dann gänzliches Umlegen und Festdrücken des Falzes. Mit den in Abb. 30 und 31 wiedergegebenen Zangen der Stufe IV wird nochmals gefalzt und mit den in Abb. 32 und 33 gezeigten Zangen der Stufe V nochmals umgelegt. Die Zangen nach

Abb. 26 und **27.** Stufe II.

Abb. 28 und **29.** Stufe III.

Abb. 30 und **31.** Stufe IV.

Abb. 32 und **33.** Stufe V.

Abb. 34 und **35.** Stufe VI.

Abb. 26 bis **35.** Schließzangen der Tubenschließmaschine.

Abb. 34 und 35 endlich dienen in Stufe VI zum letzten Zusammendrücken des Verschlusses. Durch eine entsprechende Vorrichtung kann noch das Fertigungsdatum oder irgend eine andre Bezeichnung eingeprägt werden. Die Tube kann sodann die Maschine verlassen.

Der Kraftbedarf der für 45 mm größten Tubendurchmesser und 265 mm größte Tubenlänge berechneten Schließmaschine beträgt 0,5 PS bei einer Stundenleistung von 2000 Tuben.

5) Maschine zum Herstellen von gefüllten, mit einer Papierumhüllung versehenen Kartonpäckchen.

Die meisten der bisher bekannt gewordenen Verfahren zum Herstellen von gefüllten, mit einer Papierumhüllung versehenen Kartonpäckchen bestanden darin, daß zunächst auf einer Maschine eine mit einem Papierkleid umhüllte Schachtel hergestellt, auf einer zweiten Maschine diese Schachtel gefüllt und auf einer dritten Maschine die gefüllte Schachtel geschlossen wurde, oder beruhten auf einem ähnlichen Vorgang. Man braucht also mehrere Maschinen und infolgedessen einen großen Raum zum Erledigen dieser Arbeitsgänge. Das neue Verfahren der Firma „Maschinen für Massenverpackung", G. m. b. H., ist nun aber dadurch gekennzeichnet, daß unter Benutzung ineinanderarbeitender Revolver der Karton in fortlaufender Folge zunächst geformt, dann gefüllt und geschlossen und endlich mit der Papierhülle versehen wird, Abb. 36 bis 43.

Drei Vorrichtungen *a*, *b* und *c* kommen zur Verwendung, Abb. 40. Der Revolver *a* hat vier Arme mit den genauen Formen *d* des herzustellenden Kartons. Die in Abb. 43 mit *e* bezeichneten Backen tragen an ihrer Unterseite Leisten, die die Klebestoffwalze *f* treffen. Bei *g* wird ein Kartonblatt aus dem Stapel durch Klebewirkung aufgenommen, Abb. 40 und 42, und durch Drehung des Revolvers nach *h* gebracht. Dabei hat das Kartonblatt immer die Form wie in Abb. 44. Das Hochgehen des Joches *i* mit den beiden Schienen *k* gibt dem Karton eine Form nach Abb. 45. Die Falzer *l* treten gleich danach in Tätigkeit und legen die Stirnklappen so um, wie das Abb. 46 bis 48 zeigen. Nur die in Abb. 44 schraffiert gezeichneten Flächen sind durch die Klebestoffleisten mit Klebestoff befeuchtet.

Während sich *a* weiterdreht, drücken die Backen *e*, Abb. 43, die soeben geklebten Flächen auf den Stirnseiten fest aufeinander, und gleichzeitig nimmt die an *e* unten angebrachte Klebestoffleiste beim Herüberstreifen über die Klebestoffrolle *f* Klebestoff auf, der dann später wieder zur Aufnahme eines neuen Kartonblattes dient. Bei *m* lassen die Backen *e* los, und der Karton wird durch einen Dorn nach unten aus der Form *d* heraus in das Kästchen *n* des Revolvers *b* gestoßen. Er dreht sich in diesem weiter und wird bei *o* von der Längsseite aus in bekannter Weise gefüllt, Abb. 40 und 41. Beim Weiterdrehen streift der unter dem Boden des Kartons hervorragende Kleberahmen *p*, Abb. 37 und 40, die Klebestoffwalze *q* und nimmt Klebestoff auf. In der Lage *r* wird gegen den Kleberahmen ein Blatt des Einschlagpapiers vom

Abb. 37. Schnitt *A–B*.

Abb. 38. Schnitt *E–F*.

Abb. 39. Schnitt *I–K*.

Abb. 43.

Abb. 40.

Abb. 41. Schnitt *C–D*.

Abb. 42. Schnitt *G–H*.

Abb. 37 bis 43. Maschine zur Herstellung von gefüllten Kartonpäckchen.

a Falz- und Klebevorrichtung
b Füllvorrichtung
c Schließvorrichtung
d Teil von *a* mit genauer Form des herzustellenden Kartons
e Backen
f Klebestoffwalze
g Stelle der Aufnahme eines Kartonblattes
h Punkt der Falzvorrichtung
i Joch
k Schienen
l Falzer
m Punkt, bei dem die Backen das Kartonblatt loslassen
n Kästchen von *b*
o Füllstelle des Kartons
p Kleberahmen
q Klebestoffwalze
r Punkt der Klebevorrichtung
s Greifer
t Stapel
u Stempel
v Schiene
w Punkt der Schließvorrichtung
x Stempel
y Kästchen von *c*
z Schieber
a_1 Daumen
b_1 Stempel
c_1 Stempel
d_1 Ausstoßbahn
e_1 Falzer
f_1 Stempel.

Abb. 44. Abb. 45. Abb. 46.

Abb. 47. Abb. 48. Abb. 49.

Abb. 50 und 51.

Abb. 52. Abb. 53 und 54.

Abb. 44 bis 54. Formgebung des Kartons, mit der Maschine Abb. 35 bis 43.

Stapel t gedrückt, während gleichzeitig die herabkommenden Greifer s die beiden Deckelklappen des Kartons schließen. Durch den nachdrängenden Stempel u werden sie dauernd geschlossen gehalten, wie Abb. 49 zeigt. Beim Weiterdrehen gleitet der Karton unter die Schiene v, Abb. 40, damit sich die Klappen nicht wieder öffnen können. In Stellung w, Abb. 40 und 41, stößt der Stempel x den Karton aus dem Kästchen n in das Kästchen y des Revolvers c. Der Karton und gleichzeitig die noch immer unter dem Rahmen p liegende Hülle müssen dabei durch die Aussparung des Schiebers z hindurch, der dabei einmal die Hülle in die Form nach Abb. 50 bringt und ferner durch seine hin- und hergehende Bewegung das Zusammenschlagen der oberen Flächen nach Abb. 51 bewirkt. In derselben Stellung veranlassen gleichzeitig die Daumen a_1, Abb. 39, das Einknicken der unteren Hälfte der Hülle auf den Stirnseiten und der Stempel b_1 das Einknicken der oberen Hälfte, so daß die Umhüllung jetzt das Aussehen nach Abb. 52 hat. Bei gleichzeitigem Zurückweichen der Daumen a_1 und Abwärtsdrängen des Stempels b_1, Abb. 38 und 39, gelangt der von unten durch den Stempel c_1 gestützte Karton an die Ausstoßbahn d_1. Ein wagerecht geführter Falzer e_1 drückt zunächst die vornliegenden Klappen an, so daß ein Gebilde nach Abb. 53 entsteht, während die letzten Klappen durch die eng herantretenden Wandungen der Ausstoßrinne angelegt werden, durch die der Stempel f_1 den Karton nunmehr fertig, Abb. 54, zur Maschine hinausschiebt.

In Abb. 36 kann man deutlich den Schüttrumpf e_1, den hochstehenden Revolver a, der das Falten und Kleben der Kartons besorgt, den Revolver b, bei dem das Füllen, das Verschließen des Deckels und das Mitnehmen des Hüllenpapiers vor sich geht, und endlich den Revolver c, wo die Hülle umgelegt und geschlossen wird, erkennen.

Schlußbetrachtungen.

Die Aufzählung und Beschreibung von Maschinen für Massenverpackung könnte noch recht stark vermehrt werden. Man könnte noch die Maschinen zur Abfüllung zäher Stoffe oder Flaschenabfüllmaschinen erwähnen. Man könnte noch Hilfsmaschinen anführen wie Etikettiermaschinen und andre mehr. Das Gebiet ist ungeheuer mannigfaltig; hier aber sollte nur das Grundsätzliche gezeigt werden.

Wenn man das Ganze überblickt, so sieht man, daß gerade diese Maschinen ähnlicher als irgendeine andre Maschine in der unmittelbaren Nachahmung der menschlichen Handarbeit sind. Die Tatsache des Zeitsparens tritt bei keiner Maschinenart deutlicher hervor als hier. Aber man sieht auch bei der Betrachtung der Abb. 36, welche Unmenge von Teilen, die zueinander in den verwickeltesten Beziehungen stehen, nötig sind, damit sie in ihrem festen Gleichgang nur einige jener Arbeitsgänge nachahmen können, die der Mensch in ganz ungeahnter Mannigfaltigkeit mit Hilfe seiner Gliedmaßen ausführt.

[B 211]

Erziehung zur Wirtschaftlichkeit in Amerika und Deutschland[1]).

In den Vereinigten Staaten von Amerika beherrscht der Gedanke der Wirtschaftlichkeit die gesamte Erzeugung. Entscheidenden Einfluß hat hierbei die Erziehung insbesondere des technischen Nachwuchses im Fachunterricht und durch allgemeine Fächer. Es entspricht der ganzen Art des Amerikaners, wenn er die Richtung zu den möglichst die Allgemeinheit umfassenden Gebieten einschlägt und dabei in einer Entwicklung vordringt, die bei uns wegen der vielfach sich widersprechenden und bekämpfenden Anschauungen sehr viel langsamer vor sich gehen wird.

Die fast ganz einheitliche amerikanische Einstellung und das Bestreben, unmittelbar auf das praktische Ziel loszusteuern, ohne sich lange den Kopf über Begriffe und Begriffsbestimmungen zu zerbrechen, schufen fast über Nacht, wie eine amerikanische Stadt, das Stoffgebiet des „Management", der Lehre vom Wirtschaften. Aus Untersuchungen hat sich ergeben, daß im Mittel zwei Drittel aller Ingenieure mit 40 bis 50 Jahren nicht mehr im eigentlichen Ingenieurberuf tätig sind, sondern die Leitung von Unternehmungen, eben das Management, ausüben. Wegen seiner außerordentlichen Bedeutung hat man diesen Wirtschaftszweig als Lehrfach an den Technischen Hochschulen eingeführt und in Verbindung mit andern Fächern besondre Fakultäten, „industrial engineering departments" gebildet.

Kapital- und Geldverkehr werden in Deutschland durch die Handelshochschulen sehr gut gelehrt, auch die Lehre vom Güterverkehr unter Einschluß der Wirtschaftsgeographie, die ebenfalls zu diesem Fachgebiet gehört, bringt uns wohl kaum etwas Neues. Wesentlich ist aber die Verbindung, der Wechsellehrgang zwischen Hochschulen und Industrieunternehmungen[2]). Die Studierenden arbeiten zu einem Teil des Jahres in der Schule und werden zum andern Teil mit der lebendigen Praxis des Ingenieurwesens vertraut, so daß sie am Ende des 4½- bis 5jährigen Wechsellehrganges eine gediegene Ausbildung genossen haben.

Die Lehre vom Wirtschaften ist, auf unsre Verhältnisse übertragen, mehr als Selbstkostenberechnung oder Handelsbetriebslehre. Wir können die Verwendung der Wissenschaft beim Wirtschaften Organisation nennen, mit andern Worten eine Zusammenfassung der wissenschaftlichen Mittel zur Leitung irgendeiner soziologischen Einheit, z. B. von Unternehmungen, Vereinen, Gemeinschaftswesen usw. Das Wesen einer solchen soziologischen Einheit kann man von drei Standpunkten aus erkennen, nämlich nach Tauschmitteln, Grund und Boden, Produktionsmitteln, Stoffen, Leistungen usw., was dem Kaufmann geläufig ist, dann nach Erzeugnissen, Arbeitsgängen, Arbeitsganggruppen, was dem Ingenieur in der Fabrik nahe liegt, und schließlich nach dem organisatorischen Aufbau, der Über-, Zu- und Unterordnung der einzelnen in einer Einheit tätigen Personen, also etwa im Sinne des Volkswirtes.

Wie in den andern Wissenschaften, muß man auch in der Soziologie mit Maßstäben rechnen; denn erst mit Vergleichszahlen, „standards", kommt Sinn in die Ausrechnung der Ergebnisse des Wirtschaftens. Die Amerikaner stellen gegenüber, wieviel ein Erzeugnis kosten darf und wieviel es in Wirklichkeit gekostet hat, und regeln nach so gefundenen, noch in einzelne Abstufungen aufgelösten Standwerten die Politik des Wirtschaftens. Natürlich sind die Standwerte nicht mathematisch genau, aber sie genügen, um zwischen Massen-, Wechsel- oder Einzelarbeit zu unterscheiden und danach Maßnahmen zum Verbilligen der Erzeugung zu treffen.

Hand-in-Hand-Arbeiten und Erziehung zur Wirtschaftlichkeit sind die Begriffe, auf die sich die Einheitlichkeit der öffentlichen Meinung in den Vereinigten Staaten stützt. Bei uns muß der Wille zur Lösung der lebenswichtigen Aufgaben der Wirtschaftslehre noch weit mehr Allgemeingut werden, damit die nicht geringen Hemmungen zum Vorteil der Gesamtheit der Wirtschaftsfragen überwunden werden. [N 594] **Kd. M.**

[1]) Nach einem Vortrag von Prof. A. Schilling, Berlin, in der Sitzung des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit am 2. April 1925 abgedruckt in „Technik und Wirtschaft" Mai 1925.

[2]) Vergl. Schlesinger, Die Ausbildung des amerikanischen Nachwuchses, Monatsblätter des Berliner B.-V. Mai 1925.

Thermische Labilität mehrfach gelagerter Wellen.

Von D. Thoma, München.

In einem Wasserkraftwerk, dessen Maschinen lange senkrechte Wellen haben, wurden Erschütterungen beobachtet, die auf sich selbst steigernde Temperaturspannungen zurückgeführt werden konnten. Eine überschlägliche Rechnung ergibt die Labilitätsbedingung. Thermische Labilität kann auch bei wagerechten Wellen auftreten.

Bei einem neuen Wasserkraftwerk, das vorläufig zwei Maschinensätze mit senkrechten Wellen enthält (H = etwa 170 m, n = 600 Uml./min, N je rd. 15 000 PS) zeigten sich einige Zeit nach der Inbetriebnahme Erscheinungen, für die zunächst jede Erklärung fehlte. Die Wellenanordnung geht aus Abb. 1 hervor. Bei der Inbetriebsetzung des ersten Maschinensatzes war der Lauf zunächst einwandfrei, nur das unmittelbar unter dem Spurlager angeordnete Führungslager wurde wärmer als erwartet worden war, gab aber keinen Anlaß zu Besorgnissen. Nach einigen Wochen traten jedoch unvermittelt heftige Erschütterungen im unteren Teil der Welle auf, so daß der Maschinensatz stillgesetzt werden mußte. Beim Nachsehen der in Frage kommenden Teile konnte kein Fehler entdeckt werden; nach erneuter Inbetriebnahme ergab sich wieder ein vollkommen ruhiger Lauf. Nach längerer Betriebsdauer traten aber plötzlich abermals Erschütterungen auf, die ein sofortiges Stillsetzen nötig machten.

Ganz ähnliche Erscheinungen wurden bei dem etwas später fertiggestellten zweiten Maschinensatze beobachtet. Immer nahmen die Erschütterungen nach dem Auftreten der ersten Anzeichen von Unruhe schnell zu und wurden etwa 10 min nach dem Auftreten der ersten Anzeichen so heftig, daß der Maschinensatz schleunigst abgestellt werden mußte. Da die Erscheinung nicht willkürlich erzeugt werden konnte, hatte ich leider niemals Gelegenheit, sie selbst zu beobachten, war vielmehr auf lückenhafte und sich teilweise widersprechende Berichte angewiesen. Eine ruhige Beobachtung des Vorganges durfte im Hinblick auf die beim Auftreten der Erschütterungen vorhandene bedrohliche Lage auch nicht erwartet werden. Die durch Rechnung bestimmten kritischen Drehzahlen lagen weit über der Betriebsdrehzahl.

Bei dem letzten Auftreten der Erschütterungen hat nun Ingenieur R. Mazanek, Montageingenieur der Lieferfirma, sofort nach dem Stillsetzen den unteren Teil der Welle mit Feinmeßgeräten nachgemessen. Die Welle war deutlich um etwa ½ mm krumm, wie in Abb. 2 schematisch angedeutet ist. Die Durchbiegung ging jedoch schnell zurück, nach Ablauf von etwa 10 Minuten auf die Hälfte, nach weiteren 10 Minuten auf ¼ des Anfangswertes usw., und war nach etwa einer Stunde mit den verwendeten Meßgeräten überhaupt nicht mehr festzustellen. Diese Beobachtung machte es höchst wahrscheinlich, daß ein Wärmeeinfluß im Spiel ist. Ingenieur Mazanek gab auch selbst die prinzipielle Erklärung des Vorganges: eine anfänglich vorhandene geringe Abweichung der Welle von der Geraden bewirkt eine erhöhte einseitige Wärmeentwicklung an der Welle im Zwischenlager, und zwar gerade an einer solchen Stelle, daß die Welle dadurch noch mehr gekrümmt wird, oder besser gesagt, noch krummer werden würde, wenn sie nicht durch das Führungslager daran gehindert wäre. Die Temperaturspannungen verursachen eine Erhöhung des Auflagerdruckes und dadurch weiterhin eine Steigerung der einseitigen Wärmeentwicklung. Es ist leicht einzusehen, daß sich diese Wirkungen unter Umständen ohne Grenze gegenseitig steigern können.

Da man hier einem bisher ganz unbekannten Vorgange gegenübersteht, kann nicht einmal die Größenordnung der Wirkungen ohne weiteres abgeschätzt werden; es ist deswegen erwünscht, sich durch eine, wenn auch recht unvollkommene, Rechnung davon zu überzeugen, daß eine gegenseitige Steigerung der Wirkungen wenigstens im Bereiche der Möglichkeit liegt. Eine solche Rechnung sei

Rotor des Stromerzeugers; Spurlager; Zwischenlager; Turbinenlaufrad; rd. 15,6 m; 6,75 m; 375 ⌀

Abb. 1. Senkrechte Welle eines Wasserkraftwerkes.

Abb. 2. Beobachtete Durchbiegung der in Ab. 1 dargestellten Welle.

Abb. 3. Bezeichnung der Wellenabmessungen.

Bereich I; Bereich II; $\frac{\Delta l}{2}$; $\frac{\Delta\varphi}{2}$

Abb. 4 und **5.** Wärmeverteilung und Verbiegung.

Abb. 6. Durchbiegung der Welle bei Abwesenheit des mittleren Lagers.

Abb. 3 bis **6.** Vereinfachende Annahmen für die rechnerische Untersuchung.

hier für den einfachen Fall einer unbelasteten, an den Enden und in der Mitte gelagerten Welle durchgeführt, Abb. 3. Die Achsen der Lagerbohrungen sollen in eine Gerade fallen; die Welle selbst soll gerade sein, wenn ihre Temperatur überall gleich ist. Im Betriebe möge durch irgendeinen zufälligen Umstand die Welle im Bereiche des mittleren Lagers einseitig (auf der Länge l) wärmer geworden sein, beispielsweise derart, daß der Umfangsbereich I um t Grad wärmer ist als der gegenüberliegende Umfangsbereich II, Abb. 4 und 5. Dabei möge im Innern der Welle die Temperatur von dem höheren Werte bei I auf den niedrigen Wert bei II stetig abnehmen. Würde das mittlere Lager fehlen, so würde die Welle in der Mitte gekrümmt sein, Abb. 6. Der Winkel $\Delta\varphi$, um den die Endquerschnitte des ungleichmäßig erwärmten Wellenstückes von einander abweichen würden, ergibt sich sehr einfach aus dem Dehnungsunterschied der Fasern 1 und 2, der

$$\Delta l = l\beta t$$

beträgt, wenn β der Wärmeausdehnungsbeiwert des Wellenbaustoffes ist. Offenbar ist $\Delta\varphi = \frac{\Delta l}{d}$ (d = Wellendurchmesser) und nach Einsetzen von Δl

$$\Delta\varphi = \frac{l\beta t}{d}.$$

Die Abweichung des Wellenmittels von der Verbindungslinie der Lagermittel würde beim Fehlen des mittleren Lagers, Abb. 6,

$$f = \frac{\Delta\varphi}{2}\frac{L}{2} = \frac{L\,l\beta t}{4d}$$

betragen, wobei vorausgesetzt ist, daß l klein im Vergleich zu L ist. In Wirklichkeit wird diese Abweichung durch das mittlere Lager verhindert; der dabei entstehende Auflagerdruck P folgt aus der bekannten Formel für die Durchbiegung eines in der Mitte belasteten Balkens zu

$$P = \frac{f E \Theta\, 48}{L^3}$$

(E = Elastizitätsmodul des Wellenbaustoffes, $\Theta = \frac{\pi}{64} d^4$ = Trägheitsmoment des Wellenqerschnitts). Durch Einsetzen von f folgt schließlich, daß im mittleren Lager als Folge des Temperaturunterschiedes eine Auflagerkraft

$$P = \frac{3\pi}{16}\frac{l d^3 t E\beta}{L^2}$$

entsteht. Diese Auflagerkraft drückt immer auf den wärmeren Teil der Welle, läuft also mit der Welle um. Es ist nun zu untersuchen, ob die durch die Auflagerkraft erzeugte Reibungswärme hinreicht, um den durch den Temperaturunterschied entstehenden Wärmestrom und damit den Temperaturunterschied selbst aufrecht zu erhalten.

Wir verwenden für die Größe der Reibungskraft den allereinfachsten Ansatz, indem wir sie gleich μP setzen. Ist dann u die Umfangsgeschwindigkeit der Welle, so ist die in der Zeiteinheit durch die Reibung entwickelte Wärmemenge W gegeben durch

$$W = u\mu P A$$

worin A das mechanische Wärmeäquivalent $= \frac{1}{427}$ kcal / mkg ist.

Von dieser Wärmemenge wird ein Teil unmittelbar an die Lagerschale abgegeben; nur ein (zunächst unbestimmt bleibender) Bruchteil $\varkappa$ wird durch die Welle hindurch zu dem gegenüberliegenden Umfangsbereich 2 und dann durch die Ölschicht hindurch zur Lagerschale abgeleitet; zur Aufrechterhaltung des Temperaturgefälles in der Welle steht also der Wärmestrom

$$W' = \varkappa W = u\varkappa\mu P A$$

zur Verfügung. Durch Einsetzen von P und von $u = \frac{\pi n d}{60}$ erhält man

$$W' = \frac{\pi^2}{320}\frac{l d^4 n \varkappa \mu t \beta E A}{L^2}.$$

Der Wärmestrom in der Welle W'' kann aus der Wärmeleitfähigkeit λ des Wellenbaustoffes annähernd ermittelt werden. Schätzt man den für den Wärmestrom verfügbaren mittleren Querschnitt zu $l \cdot 0{,}8\,d$, den mittleren Abstand zwischen dem warmen und kalten Bereich $0{,}8\,d$, so ergibt sich

$$W'' = \frac{\lambda t l\, 0{,}8\,d}{0{,}8\,d} = \lambda t l.$$

Der Temperaturunterschied wird zunehmen und der Zustand labil sein, wenn mehr Wärme in die Welle einwandert, als dem inneren Wärmestrom entspricht. Die Labilitätsbedingung lautet also $W' > W''$ oder

$$\frac{\pi^2}{20}\frac{l d^4 n \varkappa \mu t \beta E A}{L^2} > \lambda t l.$$

Durch Einsetzen der Zahlenwerte:

$$\beta = 1{,}1 \cdot 10^{-5}\ 1/^0\mathrm{C}, \quad \lambda = 0{,}0145\ \mathrm{kcal/s\ ^0C\ m},$$

$$E = 2{,}2 \cdot 10^{10}\ \mathrm{kg/m^2}, \quad A = \frac{1}{427}\ \mathrm{kcal/mkg},$$

erhält man schließlich die Labilitätsbedingung, die in der Form

$$\frac{L^2}{1200\, d^4 n} < \varkappa\mu$$

geschrieben werden kann, wobei L und d in m und n in Uml./min einzusetzen sind.

Diese Form der Labilitätsbedingung gilt nur für die in Abb. 3 dargestellte Wellenlagerung. Bei der eingangs erwähnten Wasserkraftanlage entstehen in dem oberhalb des Spurlagers liegenden Teil der Welle keine Temperaturspannungen, da das schwer belastete Spurlager eine Neigung der Welle dort verhindert. Führt man die Rechnung für diesen Fall durch, so findet man, daß $\varkappa\mu > 0{,}01$ sein muß, wenn Labilität eintreten soll. $\varkappa$ ist nun jedenfalls kleiner als ½, da der Hauptteil der erzeugten Reibungswärme offenbar unmittelbar in die Lagerschale übergeht. Schätzt man etwa ganz roh $\varkappa = ¼$, so müßte $\mu > 0{,}04$ sein, um die Labilität zu erklären. Das wäre allerdings etwas hoch, anderseits ist zu bedenken, daß das Lager überhaupt etwas warm ging, vielleicht überhaupt nur wenig vom Heißlaufen entfernt war — offenbar war die Lagerluft etwas zu gering ausgefallen — und daß deswegen eine zusätzliche Belastung schon eine erhebliche lokale Erhöhung der Temperatur bewirken konnte. Man kann die Erscheinung dann als Beginn des Heißlaufens ansehen, nur daß dieses nicht wie sonst von einer bestimmten Stelle der Lagerschale, sondern von einer bestimmten Stelle der W e l l e ausgeht und deswegen auch leicht übersehen wird. Überdies folgt hieraus auch ein sehr einfaches Mittel, um in solchen Fällen die Störung zu beseitigen: man muß dem Führungslager mehr Lagerluft geben.

Man darf von der unvollkommenen Rechnung nicht mehr erwarten, als daß sie angibt, ob die gegenseitige Steigerung der Wirkungen der Größenordnung nach im Bereich der Möglichkeit liegt. Dies ist hier zweifellos der Fall.

Die Zuverlässigkeit der Rechnung leidet besonders unter dem für die Reibung gemachten einfachen Ansatz. Es ist wohlbekannt, daß die Welle in einem geschmierten Lager seitlich ausweicht; die Ölschicht ist deswegen nicht dort am wärmsten, wo die Richtungslinie der Auflagerkraft in die Wellenoberfläche einschneidet, sondern (da im vorliegenden Falle die Richtung der Auflagerkraft mit der Welle umläuft) an einer von diesem Punkte aus entgegengesetzt der Richtung der Umfangsgeschwindigkeit der Welle verschobenen Stelle des Umfanges. Neue Wärme wandert dann immer in einer von der Richtung des augenblicklichen Temperaturgefälles abweichenden Richtung in die Welle ein. Dies müßte zur Folge haben, daß sich die Richtung des Temperaturgefälles in der Welle relativ zur Welle langsam, mit einer von der Wärmekapazität der Welle abhängigen Geschwindigkeit dreht. Eine gegenseitige Steigerung von Wärmeentwicklung und Auflagerkraft kann dabei sehr wohl noch erfolgen. Es scheint mir aber zur Zeit noch verfrüht zu sein, darüber rechnerische Untersuchungen anzustellen; man sollte erst weitere Erfahrungen sammeln.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß Wirkungen der besprochenen Art schon öfters Ursache unerklärlicher Erschütterungen gewesen sind, und zwar auch bei wagerechten Wellen; bei diesen überlagern sich die durch

Temperaturspannungen verursachten, mit der Welle umlaufenden Auflagerkräfte den durch das Gewicht verursachten stillstehenden Auflagerkräften.

Eine bei Dampfturbinensätzen häufig verwendete Lageranordnung ist in Abb. 7 dargestellt. Zwischen den Lagerdeckeln und den Laufstellen der Welle ist so viel Zwischenraum, daß die von den Lagern auf die Welle übertragene Kraft niemals nach abwärts gerichtet sein kann; außerdem ist die bei der Unterschale vorhandene Lagerluft wohl immer so groß, daß ein seitliches Klemmen der Welle in den mittleren Lagern nicht auftreten kann. Unter diesen Umständen hört das weitere Anwachsen der Temperaturspannungen auf, wenn die Welle so krumm geworden ist, daß während der einen Hälfte einer Umdrehung das rechts von der Kupplung befindliche Lager, während der anderen Hälfte einer Umdrehung das links von der Kupplung angeordnete Lager die Führung der Welle übernimmt, Abb. 8 und 9. Da die beiden Lager dicht neben der Kupplung sitzen, tritt dieser Zustand schon bei sehr kleinem Verziehen der Welle ein. Immerhin ist zu erwarten, daß das schnelle Hin- und Herwandern der Auflagerkraft Erschütterungen verursacht. Durch Anordnung einer beweglichen Kupplung an Stelle der starren Flanschenkupplung wird die Ausbildung dieser Störungen unterbunden.

Wenn die Lageranordnung eines Maschinensatzes die Ausbildung von Temperaturspannungen durch einseitige Wellenerwärmung überhaupt zuläßt, wird die Gefahr der thermischen Labilität um so größer, je größer die Abmessungen der Maschinensätze werden: je dicker die Welle ist, um so längere Wege muß die Wärme in der Welle zurücklegen, und um so schlechter ist der Temperaturausgleich. (Dies läßt sich auch aus der Labilitätsbedingung erkennen, die im Nenner $d^4 n$, im Zähler aber nur L^2 enthält.) Überdies werden starke Wellen häufig ausgebohrt, wodurch der Temperaturausgleich weiterhin verschlechtert wird. Bei dem Bestreben, die Maschinensätze immer größer zu machen, wird man deswegen in Zukunft diesen Erscheinungen wohl öfters als bisher begegnen. Da der Einblick in die Ursache einer Störung die Auffindung von Abhilfsmitteln erleichtert, werden dann die Mazanekschen Beobachtungen und die daran anknüpfenden Erwägungen Bedeutung gewinnen. [B 272]

a b c
a Turbinenlaufrad
b starre Kupplung
c Magnetrad des Stromerzeugers

RZ272Z8

RZ272Z9

Abb. 7 bis 9. Formänderungen der Welle eines Dampfturbinensatzes beim Auftreten von Temperaturspannungen.

Auswuchten von Turbinenlaufrädern an Bord von Schiffen.

Im Journal of the American Society of Naval Engineers vom November 1924 findet sich ein Aufsatz über das Auswuchten eines Niederdruck-Turbinenläufers an Bord des Kreuzers „Detroit" aus der Feder des Commander H. C. Dinger von der amerikanischen Kriegsflotte. Dieser Aufsatz ist nach zwei Richtungen hin bemerkenswert. Einmal schildert er die behelfsmäßige Verwendung einer Auswuchtmaschine an Bord eines Schiffes, und zum andern gibt er einen Einblick in die amerikanischen Ansprüche an Auswuchtzeiten.

Der in etwas weitschweifiger Weise geschilderte Auswuchtversuch spielte sich in kurzen Worten folgendermaßen ab: Auf dem geschützten Kreuzer „Detroit" war im Januar 1924 eine Niederdruckdampfturbine (Leistung nicht angegeben, 5200 Uml./min, Läufergewicht gemäß Abbildung rd. 3 t) an Bord überholt worden. Beim Wiederaufsetzen der oberen Gehäusehälfte versagte eine Tragkette, der Deckel stürzte herab auf den Läufer und zerstörte rd. 600 Schaufeln, die an Ort und Stelle ausgewechselt werden mußten. Da man annahm, daß der Ausgleich des Läuferschwunggewichtes durch die neue Beschauflung stark gelitten hatte, entschloß man sich, den Läufer an Ort und Stelle mittels einer an Bord gebrachten Auswuchtmaschine, Bauart Akimoff, auszuwuchten. Man brachte das Schiff ins Trockendock, hängte das obere Turbinengehäuse hoch und hob den Turbinenläufer so weit an, daß man in der Lage war, die beiden Lagerböcke der Auswuchtmaschine unter die Lagerzapfen zu schieben. Da der Platz sehr beschränkt war, mußte man an der Auswuchtmaschine kleine Änderungen vornehmen, die an dieser Stelle keine weitere Aufmerksamkeit verdienen.

Der Antrieb erfolgte durch einen seitlich stehenden, regelbaren 5 PS-Motor mittels Riemens, wobei der Riemenzug infolge Verwendung von Lenkrollen senkrecht nach unten zeigte. Die Resonanz lag bei 215 Uml./min. Der auslaufende Läufer wurde durch eine Aushilfsbremse vom Nußknackertyp abgebremst.

Bei Beginn des Auswuchtens zeigte es sich, daß die Unbalanz über Erwarten groß war, weshalb man in einem Vorversuch mit künstlicher Dämpfung arbeitete und vier Paar Ausgleichgewichte einsetzte, wobei aber leider die Größe der Zusatzmassen, ihr Halbmesser und ihr axialer Abstand zueinander nicht angegeben sind. Nach Wegnahme der Dämpfung wurde die endgültige Auswuchtung durch Hinzufügen weiterer zwei Ausgleichgewichte durchgeführt, so daß insgesamt zehn Ausgleichgewichte angebracht werden mußten. Hiernach zeigte ein als Schwingungsmesser verwendetes Minimeter noch einen Restausschlag von 0,002" an. Nachdem die Turbine wieder zusammengebaut war, wurde sie in beiden Drehrichtungen bis auf 2500 Uml./min angetrieben und erwies sich hinsichtlich des Schwungausgleiches als brauchbar.

Für den Auswuchtfachmann, dem der geschilderte Versuch in technischer Hinsicht nichts Neues bietet, ist der Aufsatz von Dinger insofern sehr beachtenswert, als er Rückschlüsse auf amerikanische Ansprüche hinsichtlich Auswuchtzeiten zuläßt.

Leider unterläßt es Dinger, Gesamtzeit des Versuches und reine Auswuchtzeit anzugeben. Er beschränkt sich vielmehr darauf, Einzelheiten zu nennen und Vergleiche mit der Werkstatt zu ziehen. Hiernach kommen auf die Versuchsvorbereitungen sechs Arbeitstage zu je 8 h, wobei auf die Beschaufelung des Läufers allein drei Tage entfallen.

Die während des Auswuchtvorganges notwendig gewordene Umsetzung der Lagerböcke verlangte sechs Stunden, die provisorische Abbremsung des Läufers dagegen rd. vier Stunden. Dinger überschlägt weiterhin, daß er durch Vornahme des Versuches an Bord gegenüber der Auswuchtung der beschädigten Turbine in der Werkstatt rd. 7½ Tage gespart hat. Jetzt kommt aber die bemerkenswerteste Zeitangabe! Dinger schreibt wörtlich: „Von der für das Auswuchten gebrauchten Gesamtzeit gingen ungefähr 10 Tage zu Lasten der abnormalen Unbalanz dieses Prüfkörpers im Vergleich zu voraufgegangenen Auswuchtungen von Prüfkörpern ähnlicher Größe, die in der Werft stattfanden."

Auf Grund der vorstehenden Angaben kann man also folgern, daß der gesamte Versuch etwa 2½ bis 3 Wochen Zeit in Anspruch nahm, und daß die Marine in der Werkstatt den Auswuchtvorgang mit mehreren Tagen, vermutlich mit einer Woche, veranschlagt. Dies deckt sich mit den Erfahrungen, die ich gelegentlich einer vorjährigen Amerikareise sammelte, steht aber in krassem Widerspruch zu den Auswuchtzeiten, die in amerikanischen Prospekten genannt und auch von deutschen Studienreisenden berichtet, also geglaubt worden sind.

Vergleicht man mit diesen tatsächlichen Auswuchtzeiten die Wirtschaftlichkeit der deutschen Auswuchtmaschinen, so kommt man zu dem Ergebnis, daß die Amerikaner auf diesem Gebiete der Technik noch weit zurück sind. Der Widerspruch zwischen amerikanischen Prospektangaben und den tatsächlich gebrauchten Auswuchtzeiten klärt sich in einfacher Weise dahin auf, daß man es in Amerika keinem Fabrikanten verübelt, wenn er in seinen Prospekten Wirtschaftlichkeitsziffern anführt, die ihm in Deutschland sofort einen Prozeß wegen unlauteren Wettbewerbes auf den Hals jagen würden. [N 653]

Darmstadt. Dr.-Ing. H. Heymann.

RUNDSCHAU.

Gegenwartsaufgaben der Elektrizitätswirtschaft.

Von der 33. Hauptversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke

am 15. bis 20. Juni 1925 in München.

In der von Dr.-Ing. eh. M. Bannwarth am 16. Juni eröffneten ersten Vollversammlung der diesjährigen Münchener Tagung der Vereinigung der Elektrizitätswerke gewährten vor allem die Ausführungen von Dr.-Ing. eh. Dr. Paßavant wichtige Einblicke in die gegenwärtige Lage der Elektrizitätswerke.

Aus dem von ihm als geschäftsführendem Direktor der Vereinigung erstatteten Geschäftsbericht[1]) ist zunächst hervorzuheben, daß die Stellung der fiskalischen Betriebe, Reichsbahn und Reichspost, zu den Elektrizitätswerken zu recht schwierigen Verhältnissen für diese geführt haben. In besonders scharfer Form zeigen sich diese Schwierigkeiten bei der Bemessung der Gebühren für die Kreuzung der fiskalischen Anlagen durch Starkstromleitungen. Die Gebühren werden z. B. von der Reichsbahnverwaltung festgesetzt, ohne daß den Werken irgendwelcher Einfluß zustände. Unerträglich sind auch oft die Bedingungen, die von den zuständigen Unterbehörden gestellt werden. Neben den Gebühren bereitet das Herbeischaffen der vielen Unterlagen für die Genehmigung der Kreuzung langwierige Vorarbeiten und erschwert und verzögert die Ausführung der Leitungen.

Da solche Kreuzungen nun heute immer häufiger erforderlich werden, und die wirtschaftliche Strombelieferung ganzer Bezirke auf ihnen beruht, liegt eine gerechte Lösung in der Frage der Genehmigung und Gebührenbemessung im Interesse der allgemeinen Volkswirtschaft. In dieser sind Nachrichtenübermittlung, Personen- und Güterverkehr sowie Energieübertragung durchaus gleichwertige Faktoren und müssen demnach behandelt werden. Ganz unzulässig erscheint es, wenn untergeordnete Behörden den Elektrizitätswerken Gebühren auferlegen, die nach dem etwa herausgerechneten, in Wirklichkeit aber recht fraglichen Nutzen dieser neuen Starkstromleitung bemessen werden. Da der genehmigungsberechtigte fiskalische Betrieb in solchen Fragen Partei ist, müssen die Bedingungen für die Kreuzung und die Gebühren von einer vollkommen unparteiischen Behörde festgesetzt werden.

Infolge der Festigung unserer Währung haben sich in der Lage der Werke erträglichere Verhältnisse herausgebildet; in der zweiten Hälfte des Vorjahres hat der Elektrizitätsverbrauch zugenommen. Diese Zunahme hat aber den Werken neue Verpflichtungen auferlegt. Sie müssen sich dem lange Jahre notgedrungen vernachlässigten Wiederaufbau und Ausbau zuwenden. Die Verteilnetze sind zu ergänzen, die Übertragungsleitungen zu verstärken, die Stromerzeugungsanlagen so auszustatten, daß sie dem steigenden Bedarf folgen können. Hierbei muß man, besonders in den Großwerken, die in der Zwischenzeit erreichten und noch zu erwartenden Fortschritte der Technik berücksichtigen. In vielen Fällen erfordert dies große Aufwendungen für Anlagen, die noch nicht aus dem Zustande des Versuches heraus und daher besonders kostspielig sind.

Eine weitere Schwierigkeit liegt darin, daß mit der Zunahme des Bedarfes auch die Belastungsspitzen wachsen. Dies erfordert eine vermehrte Erweiterung aller Anlagen über den Umfang hinaus, der zunächst als wirtschaftlich günstig erscheint. Geld für diese Aufbautätigkeit läßt sich aus Anleihen heute nicht beschaffen; sie muß also aus den Betriebseinnahmen gedeckt werden, und dies zwingt wieder zur äußersten Ausnutzung der vorhandenen Anlagen durch eine möglichst hohe Grundbelastung. Während also die Tarife hierfür auf die genau zu berechnenden, wirtschaftlich noch gerechtfertigten tiefsten Beträge herabzusetzen sind, damit alle die Ausnutzung der Gesamtanlage vorteilhaft beeinflussenden Stromabnehmer gewonnen werden, ist gleichzeitig der rechtzeitige Ausbau der Anlagen vorzubereiten. Die rechtzeitige Bestellung alles Notwendigen darf nicht versäumt werden, weil sonst die Fabriken nicht zu den Terminen pünktlich liefern können, die durch die erfahrungsgemäß auftretenden Belastungsspitzen gegeben sind.

Bei den Erweiterungen der Kessel- und Maschinenanlagen braucht man unter Berücksichtigung des gegenwärtigen Standes der Technik im allgemeinen nicht über 30 at hinauszugehen. Bei ganz großen Anlagen ist wohl der kostensparende Einfluß von Großkesseln zu berücksichtigen, obwohl dies bei den Lohnverhältnissen in Deutschland nicht die entscheidende Rolle spielt wie in Amerika. Die Statistik hat bei gut geleiteten Werken nicht mehr als 0,7 kg/kWh Kohlenverbrauch ergeben. Dampfkraftanlagen mit Spannungen bis 65 at und Maschinenanlagen nach Art der Brünner Turbine lassen sich wohl mit 0,5 bis 0,6 kg/kWh betreiben; aber die reinen Erzeugungskosten stehen hinsichtlich der Gesamtwirtschaftlichkeit doch erst an zweiter Stelle hinter dem Einfluß der Übertragungs- und Verteilkosten.

Für die billige Erzeugung von Bedeutung sind außerdem noch die Dieselmaschinen, und zwar zunächst als Aushilfs- und Spitzenmaschinen, als solche besonders wegen der leichteren Aufstellung nahe dem Hauptverbrauchbezirk, wodurch die Aufwendungen für Leitungen günstig beeinflußt werden.

Die großen Sorgen der Elektrizitätswerke ergeben sich aus den Leitungsnetzen. Sie müssen vor allem den auftretenden Belastungsspitzen entsprechend ausgebaut werden und erfordern hohe Anlage- aber auch hohe Unterhaltungskosten. Diese Beträge sind als feste Kosten zu rechnen; denn sie sind unabhängig von der jeweiligen Energielieferung. Die wirtschaftliche Ausnutzung der Verteilanlagen ist ausschlaggebend für die gesamte Wirtschaftlichkeit des Werkes. Hierin liegt eine Schwäche der Elektrizitätsversorgung. Die Industrie ist in der Lage, ihr Kapital mehrmals im Jahr umzusetzen; die Elektrizitätswerke können das erst dann, wenn es gelingt, die Stromlieferung als Grundbelastung (also Dauerbelastung in den Tagesstunden und in den Stunden der späten Nacht) ganz wesentlich zu steigern.

Ein Weg dahin ist, neben der Lieferung der Elektrizität zu hauswirtschaftlichen und kleingewerblichen Zwecken, das Großgewerbe als Abnehmer zu gewinnen. Die Beziehungen sind deshalb möglichst eng zu knüpfen. Man kann z. B. an Industriewerke, die viel Wärme verbrauchen, billigen Nachtstrom abgeben, dessen Energie in elektrisch beheizten Dampfkesseln und Wärmespeichern ausgenutzt wird. Aber wenn in Gegenseitigkeit zur Stromlieferung die Abnahme von Energie aus Industriewerken in Aussicht genommen wird, so muß für die Abrechnung zunächst Klarheit geschaffen werden, ob dabei hochwertiger Spitzenstrom oder nur geringer zu bewertender Grundbelastungsstrom erzeugt werden kann. Dieser wird als Abfallstrom entsprechend einem Kohlenverbrauch von 0,6 kg/kWh in Rechnung zu setzen sein. Nur Abfallenergie, die für Spitzenstrom ausnutzbar ist, kann höher bewertet werden.

In dieser Beziehung liegen die Verhältnisse aber bei vielen Industrien nicht günstig. Außerdem ist festgestellt, daß in verschiedenen Industrien, z. B. in der Textilindustrie, bei Gummifabriken, in der Zellstoff- und der Lederindustrie, nur 5 bis 10 vH der Gesamtenergie als mechanische Arbeit auftritt und der größte Teil als Wärme verbraucht wird. Abfallenergie für Elektrizitätswerke ist hier also ohne besondere Anlagen kaum erhältlich. Nur ganz große chemische Fabriken kommen dafür unter Umständen in Frage.

Bei den Tarifen für die Stromlieferung an gewerbliche Betriebe ist eine gewisse Grundgebühr berechtigt, aber diese überall nach dem Anschlußwert zu bemessen, ist nicht richtig. Der anzustrebende Einzelantrieb, z. B. bei Holzbearbeitungsfabriken, würde eine zu hohe Grundgebühr ergeben; denn es sind in diesem Falle viel mehr Maschinen vorhanden, als gleichzeitig arbeiten können. Berücksichtigung der Betriebsverhältnisse ist also notwendig. Man sollte dem Abnehmer auch in bezug auf Vorschriften über seine Einrichtungen entgegenkommen. Ein Beispiel hierfür bietet der beim Werk nicht gern gesehene Kurzschlußmotor für etwas größere Leistungen. Eine Verstärkung der Transformatoren zu Gunsten von Strombeziehern, deren Gewinnung nur bei einfachsten Betriebseinrichtungen möglich ist, kann immerhin noch Vorteile bringen.

Die Hauptaufgabe der Elektrizitätswerke für die nächsten Jahre ist, ihr Absatzgebiet zu vervielfachen. Gleichzeitig muß aber auch für möglichst vollkommene Betriebsicherheit gesorgt werden. Unterbrechung der Stromlieferung schädigt nicht nur den Abnehmer, der eine unbedingt zuverlässige Energiequelle braucht, sondern auch das Werk selbst wegen der entgangenen Einnahmen, der hohen Ausbesserkosten und des etwaigen Verlustes guter Stromabnehmer.

Ein angestrengter Betrieb verlangt mehr, als die Innehaltung der bestehenden Vorschriften bietet; denn diese sind als Grenzvorschriften aufzufassen. In die Maschinen, Transformatoren, Schalter, Leitungen und sonstige Einrichtungen sind größere Sicherheiten hineinzubringen. Besonders für das gesamte Leitungsnetz, das sich der ständigen Beobachtung entzieht, samt Isolatoren und sonstigem Zubehör ist höchste Betriebsicherheit zu fordern. Wenn diese Forderungen aber als richtig gelten, so darf man nicht auf geringste Preise bei der Beschaffung bedacht sein. Die in scharfem Wettbewerb stehende Industrie darf nicht zu billigerer Lieferung gedrängt werden, als mit der Gewährleistung höchst betriebsicherer Erzeugnisse vereinbar ist. Das würde doch wieder zu einer Verminderung der Güte und zu den

[1]) Näheres s. Mitteilungen der Vergg. d. Elektrizitätswerke Bd. 24 (1925) Nr. 385, wo auch eingehend über die Tätigkeit der Arbeitsausschüsse berichtet ist.

Folgen der Verwendung weniger betriebsicherer Erzeugnisse führen. Ausbesserungen, die letzten Endes auf gedrückte Preise zurückzuführen sind, verschlingen ein Vielfaches der bei der Anschaffung erreichten Ersparnisse.

Von den weiteren Vorträgen der Tagung sind der von Prof. Nägel über den Stand des Großdieselmaschinen-Baues und der am zweiten Sitzungstage gehaltene Vortrag von Prof. D. Thoma über Fortschritte im Wasserturbinenbau hervorzuheben. Über beide Vorträge wird demnächst besonders berichtet werden. Ein weiterer Vortrag, von Prof. Zennek, über

Schwingungskreise mit Eisendrosseln,

zeigte an der Hand anschaulicher Vorführungen, welche schwer zu beurteilenden Vorgänge die im Leitungsnetz auftretenden höheren harmonischen Schwingungen, also solche höherer Periodenzahl, hervorbringen. Diese als Kipperscheinungen gekennzeichneten plötzlichen Stromschwankungen werden durch die Einflüsse von Wicklungsspulen mit gesättigtem Eisenkern (gesättigten Eisendrosseln) hervorgerufen. Solche Eisendrosseln sind z. B. in den Maschinen und Transformatoren überall Bestandteile der Werkstromkreise; zu diesen Netzteilen mit hoher Selbstinduktion kommen die Kapazitäten der langen Hochspannungsleitungen und der Kabel, so daß vollkommene Schwingungskreise vorhanden sind. Bei Sättigung des Spuleneisens treten sodann, der Grundschwingung überlagert, höhere Harmonische und ganz labile Verhältnisse zwischen Spannung und Stromstärke auf, besonders als Begleitumstände bei Schaltungen und atmosphärischen Entladungen. Das Studium der Hochfrequenztechnik wird deshalb auch für den Starkstromingenieur notwendig, wenn er die Sicherheit seiner Leitungen und Anlagen beherrschen will.

Dem Sicherheitsgrad elektrischer Anlagen war der dritte Verhandlungstag gewidmet, und zwar in besonderen Berichten, die sich auf Turbodynamos, Leitungsnetze und Hochspannungsapparate bezogen[1]). Aus den sonstigen Verhandlungen sei hier noch erwähnt, daß Oskar v. Miller, der deutsche Pionier der elektrischen Kraftübertragung, zum Ehrenmitglied der Vereinigung ernannt wurde. Der Besichtigung der bayerischen Großwasserwerke, für deren Einrichtung er unentwegt gekämpft hat, waren zwei weitere Tage gewidmet. [N 771]

[1]) Wegen Raummangels muß trotz der Wichtigkeit dieses Themas lediglich auf das im Herbst erscheinende Sonderheft der Vereinigung über die Münchener Tagung verwiesen werden.

Eisenbahnwesen.

Ein neuer Kochbottich für Lokomotivrahmen im Eisenbahnwerk Brandenburg-West.

Einen neuartigen Kochbottich zum Reinigen ganzer Lokomotivrahmen mit Zylindern und Kesselträgern verwendet das Eisenbahnwerk Brandenburg-West. Der Behälter gehört zu einer großen Abkochanlage von insgesamt acht Kochbottichen, die auf Anregung des Eisenbahnwerkes von der Hanomag, Hannover-Linden, entworfen und ausgeführt sind.

Der Rahmenkochbottich, Abb. 1 bis 3, ist im Lichten 14 m lang, 3,1 m breit und 3,2 m hoch. Die Nutzhöhe von Oberkante Rost bis zum Laugenspiegel beträgt 1,8 m. Unter dem Rost zur Aufnahme des Lokomotivrahmens liegen zwei Flammrohre mit Ölfeuerung. Die Rauchgase werden am Ende der Flammrohre durch einen gemeinsamen Krümmer zusammengefaßt und bestreichen durch einen Unter- und Seitenzug mehr als die Hälfte der gesamten Bottichoberfläche. Diese Wärmeausnutzung kommt der Wirtschaftlichkeit zugute. Wegen der Wärmedehnung ist der Behälter nur in der Mitte fest auf seinen Grundmauern gelagert, die Enden ruhen auf beweglichen Rollenstühlen. In dem Rauchgaskrümmer ist eine Rohrschlange eingebaut, die nach Bedarf ganz oder teilweise in den Abgasstrom geschaltet werden kann und Dampf zur Erwärmung des Brennöles liefert. Eigenartig ist die Vorrichtung zum leichten Abheben des 4,7 t schweren Deckels. Er stützt sich mit kräftigen Traggerüsten an seinen Enden auf Ringe, die auf einstellbaren Rollen laufen und das Schwenken des Deckels um die Ringmitte ermöglichen. Gegengewichte sorgen für einen möglichst vollkommenen Gewichtausgleich. Damit der gewölbte Deckel nicht auf dem Bottich schleift, ist der Drehpunkt, also die Mitte des Rollringes, etwas aus der Mitte der Deckel- und Bottichwölbung gerückt. Infolgedessen hebt sich der Deckel beim Öffnen sofort vom Bottich ab. So ist es möglich, die ganze 16,1 t schwere Vorrichtung mit Winde und Seilzügen bei einem Kurbeldruck von höchstens 10 kg zu drehen. Das Öffnen erfordert etwa 1½ Minuten, so daß ein Mann den Bottich rasch und leicht öffnen und schließen kann.

Gegenüber der bisher geübten Handreinigung bietet die mechanische Reinigung der Lokomotivrahmen eine gute Wirtschaftlichkeit, obgleich die Beschaffungskosten derartiger großer Behälter und die Kosten für Grundmauern, Schornstein und dergl. nicht unerheblich sind.

Abb. 1.

Abb. 2. Aussicht von der Feuerungsseite.
Abb. 1 bis 3. Kochbottich für Lokomotivrahmen im Eisenbahnwerk Brandenburg-West.

Abb. 3.

Fünf Mann reinigen nach dem alten Verfahren in 14 Stunden einen Rahmen. Der Kochbottich liefert im 9stündigen Arbeitstage vier, in 14 Stunden also sechs Rahmen. Die gleiche Leistung kann die Handreinigung nur mit sechs Rotten zu je fünf Mann erzielen. Hierfür ist ein sechsfacher Werkstattraum notwendig. Das Kochverfahren spart demnach außer Löhnen auch die Tilgung und Verzinsung ziemlich hoher Bau- und Grundstückskosten.

In Brandenburg-West werden täglich nur zwei Rahmen abgekocht. Die restliche Arbeitszeit benutzt man zur Behandlung der zugehörigen Lokomotiv- und Tenderdrehgestelle. In diesem Falle wird also gegenüber der Handreinigung ein etwa dreifacher Werkstattraum gespart. Hierzu treten aber noch die Ersparnisse, die durch Fortfall einer besonderen Abkochanlage für Drehgestelle gemacht werden und sich aus Tilgung und Verzinsung der Beschaffungs- und Baukosten sowie aus dem Unterschied der Betriebskosten zusammensetzen. Bei genauem Wirtschaftsvergleich stellt sich die Kochreinigung dem Handverfahren gegenüber bedeutend überlegen dar. Die ganze Anlage mit Baukosten kann in weniger als zwei Jahren getilgt werden.

Das Kochverfahren bringt auch einen betriebstechnischen Vorteil, weil der Rahmen von seinem Farbanstrich entblößt wird und die reine Eisenhaut zum Vorschein kommt. Es lassen sich deshalb ohne weiteres Beschädigungen, Brüche und Anrisse selbst in der Entstehung erkennen. Beim Handverfahren ist dies nicht möglich. Werden derartige Mängel nicht beachtet, so können sich im Betriebe später schwere Schäden herausstellen. Das Kochverfahren verlangt allerdings vollständig neuen Anstrich der Rahmen, der bei Handreinigung nur zum Teil erneuert zu werden braucht. Die Mehrkosten beeinflussen die Wirtschaftlichkeit aber nur in geringem Maße. [M 270]

Werkstoffe.

Ein Beitrag zum Studium der Dampfkesselbaustoffe.[1])

Mit Hilfe der Fryschen Ätzungen[2]) sind Störungserscheinungen an schadhaften Kesselbaustoffen untersucht worden. Sie wurden zuerst an abgesprungenen Nieten eines Garbekessels beobachtet, bei dem nach zweijähriger Betriebsdauer an einer Längsnaht 36 Nietköpfe abgesprungen waren. Während die übliche Ätzung mit 4 vH Salpetersäure in Alkohol fast keinerlei Störungen erkennen ließ und ein noch gut erhaltenes Korngefüge vortäuschte, entwickelte eine kurze Ätzung nach Fry das in Abb. 4 ersichtliche Netz von Störungslinien. Man gewinnt dadurch den Eindruck eines in seinem kristallinen Kornaufbau vollständig zerstörten Gefüges. Dabei ergab die Heynsche Kerbbiegeprobe durchweg nur mehr die Hälfte der normalen Festigkeitswerte. Eingehende Untersuchungen, sowie einige Nietversuche bewiesen, daß die Niete vor dem Schlagen nur zur Hälfte erhitzt waren und daß wohl auch mit einem sehr hohen Nietdruck genietet wurde.

Die Schädigungen, denen Flußeisen bei Kaltbearbeitung ausgesetzt ist, lassen sich sehr deutlich an Einwalzstellen von Siederohren verfolgen. Bei zahlreichen Rohren, die in Lokomotivkesseln längere Zeit im Betrieb standen, wurde in den Einwalzstellen fast durchweg eine vollständige Zerstörung des an und für sich schon sehr feinen Korngefüges beobachtet. Hinter der Einwalzstelle verlieren sich die Störungserscheinungen sehr rasch, bis sie schließlich ganz verschwinden. Besonders empfindlich ist grobes, z. B. überhitztes Korngefüge. So zeigt Abb. 5 einen Schliff aus der Einwalzstelle eines Rohres von einem Wasserrohrkessel. Das Rohr war dicht hinter der Einwalzstelle senkrecht zur Rohrachse mehrfach aufgerissen.

Sehr ausgeprägt findet man die Erscheinungen des Kornzerfalls bei Schweißeisen. Von alten Lokomotivkesseln wurden zahlreiche Proben aus Lang- und Stehkesseln, Rauchkammerrohrwänden, Stehbolzen Nieten und Deckenankern entnommen und nahezu ausnahmslos diese Zerfallerscheinungen festgestellt. Einen wichtigen Vergleich gestatten die beiden Abb. 6 und 7 aus demselben Schliff eines Schweißeisenbleches. Durch die Salpetersäureätzung wurden lediglich zahlreiche Gleitlinien unterhalb des Nietkopfes sichtbar. Betrachtet man den Schliff nach der Fry-Ätzung, so ergibt sich das in Abb. 7 dargestellte Gefügebild. Würden nicht die Gleitlinien einen untrüglichen Beweis für die ursprüngliche Korngröße darstellen, so könnte man versucht sein, auf ein sehr feinkörniges Gefüge zu schließen, statt an derartige Störungen zu denken. Die mechanischen Eigenschaften werden durch folgende Werte gekennzeichnet.

Heynsche Kerbbiegeprobe: ⅓, ½, ¾ und ⅜ Biegezahl.
Kerbschlagprobe: 1,51, 1,57, 0,27 mkg/cm².

Bezüglich der als Kornzerfall bezeichneten Erscheinung ergaben die weiteren Untersuchungen folgende Ergebnisse.

1. Grobes Korn (rekristallisiert, überhitzt) wird durch Dauerbeanspruchung zerstört.
2. In alten, lange im Betrieb gewesenen Schweißeisenproben war überhaupt nur noch vollständig zerstörtes Gefüge zu beobachten.
3. Die Salpetersäureätzung läßt in den seltensten Fällen auf Störungen schließen.
4. Es gelang, die Erscheinungen auch künstlich hervorzurufen, und zwar durch einen Dauerversuch in der Biegemaschine sowie durch kritische Formänderung (rd. 10 vH Querschnittsänderung) bei Temperaturen von rd. 300 bis 500 °C.
5. Die Erscheinung des Kornzerfalls ist mit einer sehr wesentlichen Erniedrigung der Kerbzähigkeit verbunden.
6. Gefüge, das Kornzerfall zeigt, konnte jedesmal durch kurzes Erhitzen auf 700 °C rekristallisiert werden, Abb. 8. Das Auftreten von Kraftwirkungsfiguren allein bedeutet jedoch noch keine so weitgehende Gefügestörung, daß sie mit einer Umkristallisation unter dem Umwandlungspunkt verknüpft sein muß.
7. Durch Erhitzen über den Haltepunkt A_{c3} können die Störungserscheinungen wieder zum Verschwinden gebracht werden.

München. [M 982]

M. v. Schwarz und W. Bergmann

[1]) Aus dem Auszug aus der von der Maschineningenieurabteilung der Technischen Hochschule, München, angenommenen Dissertation: „Kaltbearbeitung, Rekristallisations- und Alterserscheinungen von Dampfkesselbaustoffen" von Wilh. Bergmann, Z. d. Bayr. Rev. Vereins Bd. 28 (1924) S. 191.

[2]) „Stahl u. Eisen" Bd. 41 (1921) S. 1093. Z. Bd. 68 (1924) S. 1185.

Abb. 4. Ätzung nach Fry. Kornzerfall in einem Flußeisenniet. M = 150 : 1.

Abb. 5. Ätzung nach Fry Kornzerfall in der Einwalzstelle eines Siederohres. Das Gefüge war infolge von Überhitzung grobkörnig. M = 275 : 1.

Abb. 6. Salpetersäure-Ätzung. Schweißeisenblech aus einem Lokomotivkessel. Nietlochrand. Grobes Korn, Gleitlinien innerhalb der Körner; Schlacken. M = 375 : 1.

Abb. 7. Ätzung nach Fry wie Abb. 6, Gefügezerstörung. M = 150 : 1.

Abb. 8. Dampfkesselniet, 30 min auf 700 °C erhitzt. Rekristallisation des zerstörten Gefüges.

Angewandte Mathematik.

Konstruktion der Krümmungsmittelpunkte ebener Kurven.

Bei einer Untersuchung von J. Magg über Nockenformen von Steuerungen mußten die Krümmungsmittelpunkte ebener Kurven bestimmt werden, die zwar analytisch festgelegt waren, für die aber die Berechnung der Krümmungshalbmesser zu recht umständlichen Formeln führte. In verhältnismäßig einfacher Weise wird die Aufgabe durch das folgende zeichnerische Verfahren gelöst, das besonders auch für Kurven, die nur durch Zeichnung gegeben sind, bequem zu verwenden ist.

Sei l die gegebene gezeichnete Kurve, Abb. 9, dann betrachte man sie als Bahn eines auf ihr bewegten Punktes P, dessen Bewegungsverhältnisse dadurch bestimmt sind, daß P als Schnitt der Kurve l mit einem um den beliebig gewählten festen Punkt O mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω umlaufenden Strahl p betrachtet wird. Die Bestimmung der Normalbeschleunigung $v^2 : \varrho$ liefert dann den Krümmungshalbmesser ϱ. Es ist mit $r = \overline{OP}$ die Geschwindigkeit von P:

$$v_P = \sqrt{r^2 \omega^2 + \left(\frac{d\,r}{d\,t}\right)^2},$$

so daß die Hypotenuse $\overline{PK}$ (Richtung der Bahnnormalen in P) des bei O rechtwinkligen Dreieckes OPK die senkrechte Geschwindigkeit von P angibt, falls $\omega = 1$ gewählt wird. Die Verbindung der Endpunkte der in den aufeinanderfolgenden Punkten P angesetzten senkrechten Geschwindigkeiten liefert die Kurve k (Geschwindigkeit-Weg-Schaubild). Die Spitzen aller von O aus aufgetragenen senkrechten Geschwindigkeiten erfüllen den Hodographen h der senkrechten Geschwindigkeiten. Die Normale ν zu h in Q gibt die Richtung der Beschleunigung b_P; da zudem die in K zur Kurve k gezogene Normale n ein Ort für die Spitze des in P angesetzten Beschleunigungsvektors $\overline{b_P}$ ist[1]), so ist damit die Beschleunigung $b_P = \overrightarrow{PG}$ bestimmt. Ihre Projektion PF auf die Normale der gegebenen Kurve ist $\frac{v^2}{\varrho}$; zieht man daher $KB \parallel GF$ und $B\Omega \parallel GK$, so ist wegen $PK = v_P$ die Strecke $P\Omega$ gleich dem Krümmungshalbmesser ϱ, somit ist Ω der gesuchte Krümmungsmittelpunkt.

[1]) M. Grübler, Lehrbuch der techn. Mechanik Bd 1 S. 44.

Abb. 9. Zeichnerisches Verfahren zur Konstruktion der Krümmungsmittelpunkte ebener Kurven.

Fällt Ω nahe an K, so trage man zur Ermittlung von ϱ auf der Tangente t in P den Wert v auf $(PA = v_P)$, fälle auf FA die Normale und bringe sie mit der Kurvennormalen in (Ω) zum Schnitt. Ω ist dann das Spiegelbild von (Ω) bezüglich der Tangente t. [M 165] Karl Federhofer.

Preisausschreiben für einen Funkenfänger für Braunkohlenbriketts.

Zu dem in Z. Bd. 68 (1924) S. 393 veröffentlichten Preisausschreiben liegt jetzt das Ergebnis vor. Von den 313 gültigen Bewerbungen mußten 303 ausgeschieden werden. Von den übrigen 10 Lösungen wurden 6 auf Lokomotiven der Reichsbahn praktisch erprobt. Dem angestrebten Ziel, den Funkenflug völlig zu beseitigen, ist man zwar sehr nahe gekommen, hat es aber nicht ganz erreicht. Das Preisgericht mußte deshalb zu einer Unterteilung der Preise greifen. Weitere Einzelheiten über das Ergebnis des Preisausschreibens werden im Anzeigenteil dieses Heftes, S. 116, bekanntgegeben. [N 688]

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Männer der Technik. Ein biographisches Handbuch, herausgegeben im Auftrage des Vereines deutscher Ingenieure. Von Conrad Matschoß. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 306 S. m. 106 Abb. Preis geb. 28 ℳ.

Die gebildete Welt, die in den weichen Polstern des D-Zuges mit einem gelinden Gruseln über eine schwindelnd hohe Brücke fährt, die nicht schnell genug mit dem Kraftwagen über Gebirgspässe jagen kann, die nicht ohne Flimmerbild und Rundfunk leben kann, ja, was weiß die von den Ingenieuren, die all diese unentbehrlichen Dinge geschaffen haben? Dieselbe gebildete Welt, die erröten würde, wenn sie den Verfasser eines Lustspiels, den Komponisten einer Operette nicht zu nennen wüßte. Und wenn jemand ausnahmsweise den Namen eines Ingenieurs wüßte und über sein Leben etwas erfahren wollte, wo sollte er das finden? Es gibt zwar Sammelwerke über Schriftsteller, Gelehrte, Künstler, aber diese Nachschlagebücher wissen nichts über Ingenieure.

So ist es denn eine Tat, daß endlich sich jemand gefunden hat, der all das sorgsam zusammengetragen hat, was über Ingenieure da und dort verstreut zu finden war. Nicht weniger als 850 Lebensbilder sind durch den Herausgeber und 56 Mitarbeiter bearbeitet worden. Und dazu hat Turner 106 Bildnisse gezeichnet.

Die Auswahl ist recht gut getroffen. Die Darstellung ist gedrängt, hebt alles Wesentliche treffend hervor und ist überraschend gut einheitlich geworden trotz der großen Zahl von Mitarbeitern. Sehr zu begrüßen sind die Bildnisse, die vielfach recht gut die Eigenart herausheben. Alles in allem: das Buch füllt eine längst schmerzlich empfundene Lücke aus, kommt zur rechten Zeit und ist trefflich geraten.

Wenn ein Wunsch geäußert werden darf, so wäre es der, daß der billigen „Volksausgabe" eine Liebhaberausgabe folgen möchte, die mit recht vielen solchen Bildnissen ausgestattet ist, wie das ausgezeichnete Leibniz-Bild des Ankündigungsbogens, das in ¼ natürlicher Größe dargestellt ist gegenüber dem gar zu kleinen 1/10-Maßstab der Bildnisse des Buches. Die Kleinheit brachte es wohl mit sich, daß die Bilder von Bauschinger, Diesel, Eyth, Reuleaux und Zeppelin wenig ähnlich geworden sind.

Und wenn noch etwas gewünscht werden darf, so wäre es das, daß als Quellen nicht die Verlage — z. B. Zentralblatt der Bauverwaltung, Schweizerische Bauzeitung, Festschrift der Technischen Hochschule (bei Wiebe) — genannt werden, sondern die Verfasser der benutzten Aufsätze. Wenn Ingenieure ihre eigenen Berufsgenossen geehrt wissen wollen, so müssen sie vor allem selbst mit gutem Beispiel vorangehen und dürfen nicht ihre früheren Mitarbeiter totschweigen. Das ist aber eine Eigentümlichkeit, die nicht diesem Buch allein, sondern fast allen technischen Schriftwerken anhaftet. [E 740]

Charlottenburg. Kammerer.

Gasgeneratoren und Gasfeuerungen. Von H. Hermanns. Ein Hilfsbuch f. d. Bau u. Betrieb v. Gaserzeugern. 2. verb., erg. u. erw. Aufl. Halle 1924, Wilh. Knapp. 352 S. m. 370 Abb. Preis geh. 13,50 ℳ, geb. 15,20 ℳ.

Das vorliegende Buch, das nunmehr in einer zweiten, verbesserten Auflage erschienen ist, wendet sich nach dem Vorwort an Fabrikbesitzer, Werkmeister und Techniker, also an praktisch arbeitende Kreise. Um diesem Ziele zu entsprechen, hat der Verfasser mit Absicht den theoretischen Teil sehr kurz gehalten und dafür in der Literaturübersicht eine Zusammenstellung der wichtigsten theoretischen Arbeiten gegeben. Wenn man auch dem Verfasser darin zustimmen muß, daß die Vorgänge bei der Vergasung theoretisch noch nicht restlos geklärt sind, so dürfte es zur besseren Unterrichtung der praktisch eingestellten Leser des Buches meines Erachtens doch geboten sein, den theoretischen Teil bei einer späteren Auflage wesentlich zu erweitern und auch für die in theoretischer Hinsicht Anspruchsvolleren unter den Lesern einzurichten. Das Buch ist hauptsächlich der Beschreibung von Einrichtungen gewidmet, wobei der Verfasser sich auch über die Bewährung dieser Einrichtungen ausspricht und ferner, was sehr wertvoll ist, auf Grund seiner eigenen Erfahrungen Kritik an den besprochenen Gegenständen übt. Der Verfasser behandelt auf diese Weise ein außerordentlich umfangreiches Gebiet. Neben den Gaserzeugern bespricht der Verfasser vor allem den Aufbau der Gaserzeugeranlagen und in besonders glücklicher Weise die mit Gas beheizten Einrichtungen wie Industrieöfen mit den Rekuperatoren und Regeneratoren. In diesem praktischen Teile, der den allergrößten Teil des Buches ausfüllt, ist es dem Verfasser in der Tat gelungen, ein gut abgerundetes Bild des ausgedehnten Gebietes zu geben, so daß man das Buch den in der Industrie Tätigen wirklich sehr empfehlen kann. Der

Druck des Buches ist als gut zu bezeichnen; Verlag und Verfasser sollten aber bei einer Neuauflage die Bilder, die manchmal nicht ganz gelungen und verständlich sind, zu verbessern suchen. [E 401] Loschge.

Superheat engineering data. Sixth Edition, revised. New York u. Chicago. The Superheater Company. 207 S. m. 86 Abb. Preis $ 1.

Das auch in deutschen Ingenieurkreisen bekannte Handbuch darf als Muster dafür gelten, wie Veröffentlichungen von Firmen technisch wertvoll gestaltet werden können. Neben den wissenschaftlich und praktisch wertvollen Angaben aus dem Heißdampfbetrieb spielen die Abbildungen verschiedener Konstruktionen der Herausgeberin eine untergeordnete Rolle. Besonders hervorgehoben sei die gute Ausstattung des Büchleins.

Die Wirkung wagerechter Kräfte bei eisernen Brücken. Von J. Karig. Berlin 1925, Wilhelm Ernst & Sohn. 44 S. m. 37 Abb. Preis 3,60 M.

Bau der Lidingöbrücke bei Stockholm. Von Dr. G. Schaper. Berlin 1925, Wilhelm Ernst & Sohn. 72 S. m. 70 Abb. Preis 4,50 M.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Tetrachlorkohlenstoff als Feuerlöschmittel.

In Z. Bd. 68 (1924) Heft 7 und 45 sind kurze Artikel unter obiger Überschrift unter Bezugnahme auf unsern Jahresbericht der technischen Aufsichtsbeamten vom Jahre 1922 erschienen, die uns als berufenes Organ im Interesse der Unfallverhütung in elektrischen Betrieben Veranlassung geben, einige Ausführungen zu berichtigen, ohne in den uns nicht berührenden Konkurrenzstreit einzugreifen, d. h. ohne zur Löschwirkung selbst Stellung zu nehmen.

Ein Anspritzen brennender Teile von Schaltanlagen aus 4 m Entfernung ist bei dem heutigen zellenartigen Bau nur in seltenen Fällen möglich; in der Regel muß der Löschende bis dicht an die Zelle treten. Tetrachlorkohlenstoff ist praktisch nicht leitend, dagegen das säurehaltige Treibmittel ein Leiter, der zum Überschlag der angespritzten Isolatoren bei den Versuchen führte. Dieser Überschlag hat im Gegensatz zu den Ausführungen des Herrn Schall mit der Entfernung des Löschgeräts von der Starkstromleitung nichts zu tun. Tetrachlorkohlenstoff ist ein Narkotikum und darf deshalb in engen Räumen, wie Schalt- und Transformatorenhäusern, Maschinenhauskellern nicht verwendet werden, wie die Feststellungen der Tetrachlorkohlenstoff-Kommission beweisen. Das unter Auslassung obiger Feststellung auf Seite 1184 zusammengefaßte Urteil dieser Kommission ist, in dieser Weise verwendet, geeignet, eine irrige Auffassung zu hinterlassen.

Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik.

Erwiderung.

Die obige Zuschrift enthält zwei Punkte, die einer Richtigstellung bedürfen.

1. Ich schrieb ausdrücklich:
„Die Anwendung von Tetralöschapparaten, die Preßgase oder säurehaltige Treibmittel enthalten, welche in geeigneter Weise vor der Vermischung mit dem Tetrachlorkohlenstoff bewahrt werden, in Starkstromanlagen ist demnach nicht gefährlich."

Auch der vorangehende Abschnitt weist auf den Unterschied zwischen neutralem und durch Säurereste aus dem Treibmittel verunreinigten CCl_4 hin.

2. Ich stelle fest, daß das „zusammengefaßte Urteil" der Tetrakommission (Ziffer 2) von mir ohne Auslassung auch nur eines Wortes wiedergegeben war, wie jeder an Hand des von der Geschäftsstelle des Reichsvereins Deutscher Feuerwehringenieure beziehbaren Gutachtens sich überzeugen kann.

Dagegen spricht eine, in der obigen Zuschrift in zum mindesten mißverständlicher Form, angezogene Stelle des Gutachtens der Tetrakommission nicht von „engen Räumen, wie Schalt- und Transformatorenhäusern, Maschinenhauskellern . . .", die betreffende Stelle lautet vielmehr:

„. . . bei Kellerbränden und Bränden in engen, geschlossenen Räumen, aus denen rasches Entweichen nicht möglich ist." Dr. Schall.

Rückäußerung der Berufsgenossenschaft.

Herrn Schalls Erwiderung ist nicht objektiv, da

1. unsere Ausführungen ausdrücklich sich auf säurehaltige Treibmittel, mit denen Isolatoren angespritzt wurden, beziehen. Apparate, deren säurehaltige Treibmittel vor der Vermischung mit Tetra bewahrt werden, waren zur Zeit der Versuche und sind auch heute noch nicht auf dem Markt,
2. die Zusammenfassung wie oben geschildert irreführt,
3. wir an keiner Stelle den Anschein erweckt haben, als hätten wir wörtlich aus dem angezogenen Gutachten zitiert.

Die Anführungsstriche sind von Herrn Schall zugesetzt.

Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik.

Erwiderung von Dr. Schall.

Zu vorstehenden 3 Punkten der Berufsgenossenschaft erwidere ich folgendes:

Zu Punkt 1:

Nach meiner Kenntnis befinden sich zurzeit in Deutschland in Gebrauch u. a. folgende mit Preßgas arbeitende Tetrachlorkohlenstofflöscher: Wintrich & Goetz (2 Typen zu 2½ und 5 l sowie eine fahrbare Spritze für 100 l Inhalt); Tetrax (Funke-Schwarzenberg); Exflamator oder Potent (Brandenburgische Metallwerke). Zu dieser Gruppe dürfen noch gezählt werden die zum Teil schon vor dem Krieg in Deutschland bekannten und benutzten amerikanischen Tetralöscher Boyce, Pyrene, Firegun u. a.

In Fachkreisen ist ferner bekannt, daß die Minimax-A.-G. einen Tetralöscher herausbringt, bei dem eine Vermischung des Treibmittels mit dem Tetrachlorkohlenstoff ausgeschaltet ist, wie u. a. Versuche der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt bei einer Wechselspannung von 130 kV gegen Erde bei 50 Per./s auf Entfernungen bis 50 cm bestätigt haben.

Obige Aufzählung soll, ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu machen, lediglich beweisen, daß hier keineswegs von Apparaten die Rede ist, die bis heute nicht im Handel sind.

Zu Punkt 2 und 3.

Um nicht auf uferloses Gebiet eines Streites um Ansichten abzugleiten, möchte ich nochmals auf die meines Wissens unwidersprochene Tatsache hinweisen, daß die praktischen Erfahrungen aus allen bisherigen Verwendungsfällen mit Ausnahme des seinerzeit von mir zitierten, viel umstrittenen amerikanischen U-Bootfalles bisher keinen einwandfreien Nachweis für die theoretisch behauptete gesundheitsgefährdende Wirkung des Tetrachlorkohlenstoffes als Speziallöschmittel erbracht haben. Laienurteile, d. h. Urteile von Nichtmedizinern bzw. die Angaben im Wettbewerb stehender konkurrierender Unternehmungen können meines Erachtens als beweiskräftige Unterlagen nicht dienen.

[D 79] Dr. Schall.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 69 SONNABEND, 1. AUGUST 1925 NR. 31

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1048.

Rheinlandheft I.

Ingenieurarbeit im Rheinland.

Das rheinische Land gehört — so sagen es uns die Geschichtsforscher — seit 925 staatsrechtlich zum Deutschen Reich. Viel länger ist es her, daß Germanen an beiden Ufern des Rheines lebten, ohne sich allzusehr über die jeweilige politische Zugehörigkeit zu den werdenden und vergehenden staatlichen Gebilden die Köpfe zu zerbrechen. In einer Zeit schwerster Bedrückung deutschen Volkstums war der Wunsch verständlich, vor aller Welt, die nach dem großen Kriege wieder einmal glaubte, am grünen Tisch lebendige Volksteile nach Belieben einzelnen Machthabern zuteilen zu können, ein Bekenntnis abzulegen von der untrennbaren Einheit des rheinischen Landes und des Deutschen Reiches. Aus diesem Gedanken sind die Jahrtausendfeiern des Rheinlandes, sind die Ausstellungen in den rheinischen Städten, sind zahlreiche literarische Arbeiten entstanden. Alles das zusammengenommen stellt gleichsam eine große Inventur dar über deutsches Arbeiten, Denken und Fühlen im rheinischen Land in der Zeitspanne eines Jahrtausends.

Die Technik allerdings, die unsrer Zeit das Gepräge gibt, kommt hierbei zu kurz. Die Ausstellungen werden durch die Kunst beherrscht. Die kirchliche Kunst gibt der großen Jahrtausendausstellung in Köln ihr Gepräge, und noch nie zuvor sind die großen Schätze, die Kunst und Kunsthandwerk im Auftrage der Kirche und unter dem Einfluß des religiösen Gedankens geschaffen haben, so einheitlich und vollständig der großen Öffentlichkeit gezeigt worden. Gerade hier in Köln hat man auch versucht, wenigstens in den oberen Räumen der Ausstellung, etwas von der Technik und Industrie zu zeigen, und es ist anzuerkennen, daß man auch bemüht war, in geschichtlichem Rückblick und unter Hervorhebung großer Persönlichkeiten auf das kulturelle Element technischer Arbeit hinzuweisen. Wer aber die letzte große Düsseldorfer Industrieausstellung erlebt hat, und wer auch nur etwas von den großen Ingenieurarbeiten am Rhein kennt, weiß, wie bescheiden dieser Versuch ausgefallen ist.

Die deutschen Ingenieure haben den Wunsch, bei der rheinischen Jahrtausendfeier Zeugnis abzulegen von der Ingenieurkunst des rheinischen Landes; aber wenn auch zwei Hefte unsrer Zeitschrift mit Aufsätzen gefüllt werden und auch ein ganzer Band des geschichtlichen Jahrbuches „Beiträge zur Geschichte der Industrie und Technik" zur Verfügung steht, so bleibt auch dieser Raum noch zu beschränkt, um einen einigermaßen vollständigen zusammenfassenden Überblick über die Leistung der Technik und Industrie im Rheinlande zu geben. Immerhin werden in diesen Arbeiten wichtige Gebiete behandelt, die aus dem Arbeitsleben des Rheinlandes nicht wegzudenken sind.

Die Rheinbrücken sind Schöpfungen der Technik, denen keiner der vielen tausend Besucher des Rheinlandes sich entziehen kann. Wer von Köln zur Ausstellung über die riesige Brücke geht und sich noch erinnert an die frühere, erste große eiserne Brücke mit Kastenträgern, der hat in sich die gewaltigen Fortschritte erlebt, die der Ingenieur in der Beherrschung des Baustoffes und der Gestaltung im Lauf eines halben Jahrhunderts erreicht hat. Was der Rhein als Lastenträger bedeutet, sieht man in den beiden Aufsätzen über die Rheinhäfen und die Rheinschiffahrt. Bergbau und Hüttenwesen schaffen die wichtigsten Grundlagen unsrer heutigen Industrie. In dem Aufsatz über den Stand der heutigen maschinellen Kohlengewinnung sehen wir die neuesten Bestrebungen der fortschreitenden Mechanisierung auch dieser alten Industriezweige. Die Arbeit über die Braunkohle zeigt uns deren heutige große Bedeutung für das Rheinland. Die maschinellen Einrichtungen der Eisenhüttenwerke führen uns in das Gebiet des Eisenhüttenwesens ein. Wertvolle Beiträge über Kraftmaschinen, Dampfkessel, über die Elektrizitätswerke und über den Werkzeugmaschinenbau machen uns bekannt mit weiteren hervorragenden Leistungen rheinischer Ingenieurkunst.

Im geschichtlichen Jahrbuch werden wir in einer umfassenden, grundlegenden Arbeit berichten über die Entstehung und den Aufbau des rheinisch-westfälischen Industriebezirkes, über Eisengewinnung in der südlichen Rheinprovinz, über die Lage der Solinger Schwertindustrie vor 1000 Jahren, über die Aachen-Stolberger Messingindustrie, über die rheinische Zuckerindustrie, über die Geschichte der deutschen Samtindustrie, der Glasindustrie, über die Eisenindustrie in der Eifel und über die geschichtliche Entwicklung einiger hervorragender rheinischer Firmen. Alle diese Arbeiten sind nur einzelne Bausteine zur Geschichte der Technik und Industrie am deutschen Rhein.

Den Verfassern aller dieser Arbeiten danken wir es, daß auch wir in dem Rahmen, der uns gesteckt ist, teilnehmen können an der Jahrtausendfeier im deutschen rheinischen Land. [B 768]

Verein deutscher Ingenieure.

Maschinelle Kohlengewinnung im rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau.

Von Prof. Dr.-Ing. Fr. Herbst, Essen.

Bedeutung der Gewinnungsmaschine — Betriebsbedingungen — Neuerungen im Bau und Betrieb von Schrämmaschinen verschiedener Gattung; Betriebserfahrungen und Neuerungen an Abbauhämmern, Bestrebungen zur Erweiterung ihres Verwendungsgebiets und zur Steigerung ihrer Leistung.

Die Überschrift dieses Aufsatzes läßt erkennen, daß die Besprechung des Gegenstandes nicht auf den rheinischen Anteil des Ruhrkohlenbezirks beschränkt werden soll und damit örtlich sich nicht streng in den Rahmen dieses Sonderheftes einfügt. Der Grund liegt, wie jedem Kenner des Bezirks offenkundig ist, darin, daß eine solche scharfe Abgrenzung angesichts des von jeher so innigen Zusammenhangs im Bergbau der beiden Schwesterprovinzen sich nicht durchführen lassen würde, und zwar weder nach den Stätten der Hersteller von Gewinnungsmaschinen, noch nach den Gebieten ihrer Verwendung. Zwar muß anerkannt werden, daß gerade rheinische Unternehmungen, u. a. Rheinpreußen, Friedrich Heinrich, die Thyssen-Schächte, die Gutehoffnungshütte, die Gewerkschaften Helene und Amalie, die Krupp-Schächte, auf dem Gebiete der Mechanisierung des Steinkohlenbergbaues im allgemeinen wie auch insbesondere auf demjenigen der maschinellen Kohlengewinnung kräftig und erfolgreich gearbeitet haben, wozu auch schon, wenigstens bei den erstgenannten Betrieben, die gerade am Niederrhein für die maschinelle Betätigung besonders günstigen Lagerungsverhältnisse beigetragen haben. Aber schon bei den Kruppschen Anlagen, die teils auf rheinischem, teils auf westfälischem Gebiet liegen, ergibt sich die Unmöglichkeit einer Abtrennung, und anderseits dürfen auch manche westfälische Bergbaubetriebe Anspruch darauf machen, diese Entwicklung verständnisvoll gefördert zu haben. Und wenn auf der Seite der Hersteller die Deutsche Maschinenfabrik in Duisburg von jeher eine hervorragende Stellung in der Entwicklung der maschinellen Gewinnung eingenommen hat, so sind gerade hieran so zahlreiche westfälische Betriebe mit vorzüglichen Leistungen beteiligt, daß deren Ausscheidung in dieser Besprechung ein völlig verzerrtes Bild ergeben würde.

Vorteile der maschinellen Kohlengewinnung.

Die gegenwärtige Bedeutung der maschinellen Kohlengewinnung erklärt sich zunächst allgemein aus der gedrückten Lage des Steinkohlenbergbaues, der bei ausreichendem Entlohnen seiner Arbeitskräfte gezwungen wird, die Selbstkosten mit allen Mitteln zu vermindern. Bei genauerem Zergliedern nach den wichtigsten Gesichtspunkten ergeben sich verschiedene Ziele, die mit der Maschine in der Kohlengewinnung zu erreichen sind. Es braucht freilich nicht näher erörtert zu werden, daß immer die Verringerung der Selbstkosten im Vordergrunde steht. Eine eingehendere Prüfung zeigt aber, daß zunächst eine Unterteilung dieses Begriffs in mittelbare und unmittelbare Selbstkosten geboten ist und außerdem auch noch andere Erwägungen von Bedeutung sind.

Die Herabdrückung der unmittelbaren Selbstkosten ist nicht so einfach, wie dem Fernerstehenden auf den ersten Blick scheinen könnte. Denn da die maschinelle Kohlengewinnung zunächst für die Fälle herangezogen wird, wo wegen größerer Festigkeit der Kohle die einfache Keilhauenarbeit nicht mehr ausreicht, so muß sie den Wettbewerb nicht mit der Handarbeit schlechthin, sondern mit der sehr leistungsfähigen Sprengarbeit aufnehmen. Das macht sich insbesondere bei der Schrämarbeit bemerkbar, deren Leistungsfähigkeit im Vergleich zur Handarbeit so groß ist, daß sie schon längst den Sieg davongetragen haben würde, wenn der Gewinnung die Herstellung eines Schramschlitzes gemäß der alten bergmännischen Arbeitsweise unbedingt vorausgehen müßte. Die Schießarbeit hat ihrerseits wieder durch andere Maschinengattungen, nämlich den Bohrhammer und die neuerdings im großen Umfang eingeführte Drehbohrmaschine, die ihr durch rasche Herstellung der erforderlichen Bohrlöcher stark Vorschub geleistet haben, einen erheblichen Vorsprung gewonnen. Zur Erläuterung seien die von Bergassessor Cloos mitgeteilten Zahlen angeführt[1]), nach denen die durchschnittliche Bohrzeit je Schicht z. B. in einem Flöz der Zeche Helene von 120 min auf 3 min herabgedrückt worden ist. Die Schießarbeit stellt im Grunde bereits eine mechanisierte Kohlengewinnung dar, da sowohl die Bohrarbeit als auch die Hereingewinnung selbst durch Naturkräfte erfolgen. Doch ist gerade die Beschränkung der Schießarbeit mit ihren besonderen Gefahren ein Grund für die Entwicklung der maschinellen Gewinnung, so daß diese dem Sprengverfahren gegenübergestellt werden und sich als diesem überlegen bewähren muß, wenn sie sich durchsetzen soll.

Der Vergleich mit der Schießarbeit zeigt nun, daß die angestrebte Verringerung der Selbstkosten sich nicht auf die Gewinnung selbst beschränkt, sondern auch auf die Aufbereitung der Kohle erstreckt: je reiner die Kohle gefördert werden kann, um so geringer werden die Kosten und die Verluste der Aufbereitung. Ferner kommen nicht lediglich die Selbstkosten in Frage, sondern es ist auch die Verbesserung der Kohlenbeschaffenheit durch Verringern des Feinkohlenfalls in Rechnung zu stellen. Allerdings wird eine spätere Zeit über unser heutiges sorgfältiges Unterscheiden der einzelnen Korngrößen bei einem nur zum Verbrennen und chemischen Verarbeiten bestimmten Rohstoff lächeln. Immerhin spielt aber bis auf weiteres dieses Unterscheiden eine große Rolle.

Auf die übrigen Vorteile, die mit der maschinellen Gewinnung zu erreichen sind — Verringerung der mit der Schießarbeit verbundenen Unfallgefahr, Verkleinerung der Belegschaft, Entlastung der Leute von körperlicher Arbeit und Zusammendrängung des Betriebes mit Erleichterung der Aufsicht, Verringerung der Unterhaltungskosten, Verkürzung der Förder- und Wetterwege sowie Verringerung der Grubenbrandgefahr — kann im Rahmen dieses Absatzes nicht näher eingegangen werden.

Abb. 1. Abb. 3.

Abb. 2. Abb. 4.

Abb. 1 bis 4. Ungünstige (links) und günstige (rechts) Verhältnisse für die maschinelle Kohlengewinnung.

[1]) „Glückauf" Bd. 60 (1924) S. 1145.

Arbeitsgebiet und Ausführung der maschinellen Kohlengewinnung.

Abb. 1 bis 4 stellen zunächst Lagerungsverhältnisse gegenüber, die für die maschinelle Gewinnung ungünstig, Abb. 1 und 2, und günstig, Abb. 3 und 4, sind. In Abb. 1 geben große Härte der Kohle, geringe Durchsetzung des Flözes mit Ablösungsklüften (Schlechten), starke Schwefelkiesführung der Kohle und ein festes, nicht zum Druck auf den Stoß neigendes Hangendes der Schießarbeit einen erheblichen Vorsprung, auch kommt die Schrämarbeit wegen der geringeren Mächtigkeit, die einen stärkeren Anteil an Schrämklein und einen geringen Kohlenfall für 1 m² Schramschlitz nach sich zieht, nicht voll zur Geltung. Dagegen ist bei dem Flöz nach Abb. 3 die maschinelle Gewinnung dadurch bedeutend im Vorteil, daß die das Flöz durchsetzenden Bergmittel sowie der über dem Flöz anstehende Nachfall bei Anwendung der Schießarbeit die Kohle stark verunreinigen, während die Schrämmaschine in einem Bergmittel arbeiten kann und die größere Flözmächtigkeit das gute Ausnutzen der Schrämarbeit sowie überhaupt das Handhaben maschineller Gewinnungseinrichtungen jeder Art erleichtert, außerdem der Gebirgsdruck für Abdrücken der unterschrämten Oberbank sorgt und schließlich infolge der größeren Mächtigkeit die unterschrämte Bank schon durch ihr Eigengewicht nachbrechen kann. Dazu kommt nun außerdem die Rücksicht auf den Stückkohlenfall; in Abb. 2 ist der Stückkohlenfall wegen der geringen Preisspannung zwischen Fein- und Stückkohle von verhältnismäßig geringer Bedeutung, so daß man umgekehrt die Stückkohlenlieferung um rd. 28,6 vH erhöhen muß, um eine Preisverbesserung von 2 *M*/t zu erzielen. Dagegen genügt bei einer Preisspanne von 31 *M*/t, Abb. 4, bereits eine Erhöhung des Stückkohlenfalls um 6,4 vH, um die gleiche Preissteigerung zu erreichen, so daß sich hier schon geringe Verbesserungen der Kohlenbeschaffenheit durch maschinelle Gewinnung bezahlt machen.

Für die Gewinnung kommen vorarbeitende und Gewinnungsmaschinen im eigentlichen Sinne in Betracht.

1. Schrämmaschinen.

Die vorbereitende Arbeit wird von den Schrämmaschinen geleistet; sie lösen die alte bergmännische Aufgabe, durch einen Schlitz für eine freie Fläche zu sorgen, nach der hin die Kohle abgedrückt werden kann.

Für das Hereinbrechen der unterschrämten Kohlenbank gelten folgende Erwägungen, bei denen freilich von vornherein berücksichtigt werden muß, daß die ungleichmäßige Beschaffenheit der von Klüften und Ablösungen aller Art durchsetzten Kohle eine genaue Rechnung ausschließt.

Abb. 5. Der Schramschlitz in seiner Bedeutung für die Gewinnung.

Die unterschrämte Bank wird im Einfallen, Abb. 5, von der Fläche *ad*, im Streichen von der Fläche *ab* und nach dem Hangenden hin von der Fläche *abcd* begrenzt. Bei den Flächen *ad* und *ab* ist die Scherfestigkeit zu überwinden, an deren Stelle bei der Fläche *ab* mit zunehmendem Einfallen mehr und mehr die Zugfestigkeit tritt. Bei der Fläche *abcd* handelt es sich um den Widerstand, den das Haften der Kohle am Hangenden hervorruft; dieser kann in einzelnen Fällen, bei sogenannter „angebrannter" Kohle, groß werden, ist im allgemeinen aber nur gering zu veranschlagen, was sich in vielen Fällen darin zeigt, daß die unterschrämte Bank sich bereits vom Hangenden abgelöst hat, während sie an den Flächen *ad* und *ab* noch getragen wird.

Abb. 6.

Abb. 7.

Abb. 8.

Abb. 9.

Abb. 10.

Abb. 11.

Abb. 6 bis 11.

Schramschlitze von verschiedener Tiefe und Höhe in Flözen von verschiedener Mächtigkeit und verschiedenem Hangenden.

Abb. 6 und 7 geringere Flözmächtigkeit, Schieferton-Hangendes Abb. 8 und 9 größere Flözmächtigkeit, Schieferton-Hangendes.
Abb. 10 und 11 mittlere Flözmächtigkeit, Sandstein-Hangendes Abb. 6, 8, 10 tiefer, niedriger Schram
Abb. 7, 9, 11 flacher, hoher Schram.

Mit zunehmender Schrämtiefe vergrößert sich der Widerstand an den Flächen *ab* und *abcd*. Mit zunehmender Stoßhöhe, durch Fortschreiten der Schrämarbeit in der Fallrichtung, tritt der gleichbleibende Widerstand der Fläche *ab* gegenüber dem zunehmenden Gewicht der unterschrämten Kohlen mehr und mehr zurück, und da außerdem der Adhäsionswiderstand nur in dem gleichen Maße wie das Kohlengewicht zunimmt, so werden die Bedingungen für das Loslösen der Bank mit dem Fortschreiten des Schrämbetriebes immer günstiger. Die Tiefe des Schramschlitzes ist insofern wichtig, als sie nur den Adhäsionswiderstand und den ebenfalls nicht erheblichen Widerstand der Fläche *ab* wachsen läßt, wogegen der Widerstand an der Fläche *ad* gleich bleibt und das Kohlengewicht stark zunimmt.

Bei größerer Flözmächtigkeit werden die Bedingungen günstiger, da dann das Gewicht der unterschrämten Bank immer stärker in den Vordergrund tritt, insbesondre gegenüber dem für alle Mächtigkeiten gleichbleibenden Adhäsionswiderstand.

Über Tiefe und Höhe des Schramschlitzes hat man sich längere Zeit hindurch keine besonderen Gedanken gemacht; man hat es zunächst für ausreichend gehalten, wenn der Schlitz in einer Höhe geführt wurde, die das Offenhalten trotz des Gebirgsdruckes gewährleistete, und wenn seine Tiefe dem Abstande der einzelnen Zimmerungen angepaßt wurde, so daß man durch den Angriff der Schrämmaschine jedesmal um ein Feld der Zimmerung vorwärts kam. Hinsichtlich der Schramtiefe hat man sich von der Erfahrung leiten lassen, indem man diese in schwierigen Fällen so lange vergrößerte, bis die gewünschte Wirkung eintrat. Dementsprechend arbeitete man mit Schramschlitzen von etwa 1,3 bis 1,7 m, geht aber neuerdings vereinzelt auch bis 2 m. Erst durch die Untersuchungen von Dr.-Ing. Beissel wurde die Frage aufgeworfen, ob nicht durch eine wesentliche Verringerung der Schramtiefe größere Vorteile erkauft werden könnten, indem dadurch bei günstigen Flöz- und Gebirgsverhältnissen der Kraftverbrauch und das Gewicht der Maschine stark herabgedrückt werden könnte. Das Ergebnis dieser Erwägung war die als „Kohlenschneider" bekannt gewordene Klein-Stangenschrämmaschine, die gleichzeitig auch die Flöze mit stärkerer Neigung der Schrämarbeit zugänglich gemacht hat. Allerdings können auch die Groß-Schrämmaschinen der Arbeit in solchen Flözen angepaßt werden und sie haben in der Tat schon gelegentlich bei Neigungswinkeln von mehr als 60 ° erfolgreiche Anwendung gefunden. Aber diese Verwendung wird immer auf günstige Fälle beschränkt bleiben, denn mit dem Fallwinkel wachsen nicht nur die Schwierigkeiten und Gefahren des Schrämbetriebes selbst, sondern auch die durch die überhängende Kohlenbank herbeigeführten Übelstände: stärkere Kohlenfallgefahr und damit starkes Erschweren der Reinhaltung der Kohle.

Für die Höhe des Schlitzes ist zunächst der durch die Schrämmaschine bewirkte Anfall an Kohlenklein um so ungünstiger, je geringer die Flözmächtigkeit und je größer der Preisunterschied zwischen Fein- und Stückkohle ist. Anderseits wird man, wenn in einem Bergmittel geschrämt werden kann, nach Möglichkeit dieses in seinem ganzen Umfange zu gewinnen suchen. Diese Erwägungen durchkreuzen sich mit den auf die Hereingewinnung bezüglichen: offenbar ist ein höherer Schram insofern günstiger, als er sich bei elastischer Kohle nicht leicht zudrücken kann. Abb. 7 bis 12 einige solcher verschiedenen Fälle erkennen. Der Kosten wegen sucht man stets mit möglichst niedrigem Schram (etwa 13 bis 16 cm) auszukommen.

Auf die unterschrämte Kohlenbank wirkt nun außer ihrem bereits gewürdigten Gewicht der Druck des Hangenden, der zu der Erscheinung der wandernden Druckwelle führt. Diese Erscheinung ist freilich nicht immer gleich, sondern von dem Verhalten des Gebirges abhängig. Ihre regelrechte Ausbildung zeigt sie bei Schieferton-Hangendem, wo sich das in Abb. 6 bis 9 dargestellte Druckschaubild ergibt. Mit zunehmender Flözmächtigkeit wächst die Druckwirkung, da dem als gleich angenommenen Verhältnis des Zusammendrückens des Bergeversatzes eine größere Gesamtsenkung, 0,43 m in Abb. 8 und 9 gegen 0,20 m in Abb. 6 und 7, entspricht. Dagegen bricht ein aus Sandstein bestehendes Hangendes von Zeit zu Zeit durch und führt dann jedesmal eine Entlastung des Kohlenstoßes herbei; das Druckschaubild ist dann durch Abb. 10 und 11 veranschaulicht. Der Druck schwankt hier also in viel größeren Grenzen und ist zu manchen Zeiten jedenfalls unbefriedigend. Bei Schieferton-Hangendem ergibt sich gemäß der Kräftezerlegung *a*, Abb. 8, noch ein gewisser Seitenzug, der nach der vergrößert dargestellten Zerlegung *b* noch eine weitere Druck-Komponente für den Kohlenstoß liefert.

Offenbar verlangt der Schrämbetrieb von der Kohle ein anderes Verhalten als vom Gebirge, das sich bruchlos durchbiegen soll, wogegen bei der Kohle gerade der Bruch die gewollte Wirkung darstellt.

Zahlentafel 1. Zusammenstellung der wichtigsten Betriebszahlen für Schrämmaschinen der Maschinenfabrik Knapp.

a) Druckluft-Maschinen.

Bezeichnung der Maschine	Abmessungen der Maschinen: Länge mm	Höhe mm	Gewicht kg	Abmessungen des Motors: Zyl.-Dmr. mm	Uml./min	Leistung bei 4 at PS_i	Schrämstange: Uml./min	Umläufe für Hin- und Hergang	Stangenlängen m	Schrämleistung m/h	Luftverbrauch (angesaugte Luft bei 3 bis 4 at): m³/h	auf rd. 1 m² unterschrämte Fläche m³
S	3210	375	2100	190	500	48	230	10	1,35 bis 2,00	8 bis 40	700 bis 900	13 bis 23
Z	3070	260	1900	190	500	48	200	8	1,05 bis 1,65	„	„	„
N	1970	320	950	175	650	40	200	10	1,05 bis 1,50	„	600 bis 750	13 bis 20
VS	1600	350	1000	150	750	35	220	10	1,65	Streckenvortriebmaschine	500 bis 600	12 bis 18

b) Elektrisch angetriebene Maschinen.

Bezeichnung der Maschine	Abmessungen der Maschinen: Länge mm	Höhe mm	Gewicht kg	Motor[1]): Anzahl der Polräder	Uml./min	Leistung PS_i	Schrämstange: Uml./min	Umläufe für Hin- und Hergang	Stangenlängen m	Schrämleistung m/h
SE	3200	375	2600	2	1430	35	230	10	1,35 bis 2,00	8 bis 60
D	3200	375	2250	1	1430	35	230	10	1,35 bis 2,00	„
F	2660	320	1200	1	1430	30	200	10	1,05 bis 1,50	„
VSE	2500	350	1200	1	1430	30	200	10	1,65	Streckenvortriebmaschine

[1]) Rotor für alle Maschinen als Kurzschlußläufer gebaut.

Abb. 12. Westfalia-Drehkolbenmotor der Flottmann-Werke (11 PS_e).
a Kugellagerringe b Lamellen c Nase.

Von den vielen im Laufe der Zeit versuchten Arten von Schrämmaschinen haben sich die Groß-Stangenschrämmaschinen, die Klein-Stangenschrämmaschinen (Kohlenschneider), die Kettenmaschinen und die Säulenmaschinen behauptet.

Die Groß-Stangenschrämmaschinen sind in den letzten Jahren in eifrigem Wettbewerb der beteiligten Maschinenfabriken (Deutsche Maschinenfabrik, Flottmann-Werke, Knapp, Eickhoff) wesentlich verbessert und zu einem sehr brauchbaren Hilfsmittel ausgestaltet worden. Zahlentafel 1 läßt insbesondere erkennen, daß das Gewicht zwischen 950 und 2600 kg und die Stärke der Maschinen zwischen 30 und 48 PS_i beträgt.

Im Antrieb der Maschine hat sich wenig geändert. Bei den meisten Maschinen arbeiten je nach der erforderlichen Leistung 2 bis 4 gegenüberliegende, also senkrecht zur Achse der Maschine gelagerte Druckluftzylinder auf die gekröpfte Hauptwelle, von der die weiteren Bewegungsvorgänge abgeleitet werden. Die Flottmann-Werke verwenden den wesentlich verbesserten Drehkolbenmotor, Abb. 12; bei diesem werden die starken Schleuderkräfte durch Kugellagerringe *a* aufgenommen, gegen die sich Lamellen *b* stützen, und diese sind mit seitlichen Nasen *c* in Ringschlitzen geführt.

Neuerdings beginnt sich der aus dem englischen Bergbau herübergekommene Pfeilradmotor, dessen Triebwerk aus zwei Winkelzahnrädern besteht, einzubürgern. Ein solcher Motor, Abb. 13 und 14, zeichnet sich durch große Einfachheit und, wegen der raschen Verlängerung der Winkelkanäle, durch weitgehende Expansion aus, hat aber allerdings den Nachteil, daß er zwei Wellen antreibt, von denen nur eine benötigt wird, und daß er ein starkes Geräusch verursacht.

Verschiedene schwere Unfälle, die dadurch verursacht worden sind, daß die Bedienungsleute mit einem Körperteil unter die Schrämstange gerieten, haben dazu geführt, eine Sicherheitskupplung einzuschalten, die durch einen Handgriff das Abkuppeln der Schrämstange vom Getriebe ermöglicht. Diese Sicherheitskupplung ist besonders für die sogenannte Leerfahrt, d. h. für die Rückfahrt der Maschine zur Inangriffnahme eines neuen Schrams, wichtig. Ferner geht das Bestreben dahin, die Bedienungshebel an einem Ende der Maschine zu vereinigen, um dem Maschinenführer von einer Stelle aus die Maschine vollständig in die Hand zu geben.

Besondre Sorgfalt hat man, entsprechend den Bemühungen für richtige Formgebung bei Schnelldrehstählen, der zweckmäßigen Ausgestaltung der Meißel[1]) zugewendet. Hier stehen sich die sogenannten Hakenpicken und die nach Versuchen der Gewerkschaften Helene und Amalie durchgebildeten Hela-Picken gegenüber, Abb. 15 bis 17. Die Hakenpicken, Abb. 15, stecken in Löchern der Meißelwelle; sie arbeiten brechend und reißend und eignen sich daher etwas besser für schwefelkiesreiche Kohle, sind aber wegen des rasch zunehmenden Querschnitts gegen Abstumpfung empfindlich. Als ganz ungeeignet haben sich Picken mit Hakenwinkeln von 90° gezeigt, weil diese sich nicht, wie die in der Abbildung dargestellten stumpfwinkeligen Picken, selbst frei schneiden. Die Hela-Picken, Abb. 16, werden in schwalbenschwanzartige Ausfräsungen der Meißelwelle eingesetzt; sie arbeiten schneidend und bieten wegen ihrer schraubenförmigen Fläche eine bessere Beförderungsgelegenheit für das Kohlenklein, verlieren auch ihre Schneidkraft nicht so rasch wie die Hakenpicken, sind allerdings empfindlicher gegen Schwefelkieseinlagerungen. Eine Zwischenform stellt die Hela-Hakenpicke, Abb. 17, dar, die, in gleicher Weise wie die Hela-Picke befestigt, eine schlanke Zuschärfung der Spitze aufweist, sich aber nicht sonderlich zu bewähren scheint.

[1]) „Glückauf" Bd. 60 (1924) S. 258.

Abb. 15 bis 17. Schrämpicken.

Das Schärfen der Hakenpicken scheint zunächst etwas einfacher als dasjenige der Hela-Picken, doch können auch diese mit geeigneten Schleifmaschinen bequem nachgeschärft werden. Jedenfalls sind die Möglichkeit des Nachschärfens und möglichst hochwertiger Stahl für die Picken wichtig; Sparsamkeit in den Anschaffungskosten rächt sich hier sehr schnell durch erhöhte Betriebskosten, zumal die Maschinen auch bei stumpfen Schneidwerkzeugen leicht heißlaufen.

Von welcher Bedeutung die Auswahl der Picken im einzelnen Fall ist, zeigen Versuche von Bergassessor Dr. Wemmer[2]), Zahlentafel 2.

Das Getriebe ist sorgsam weiter durchgebildet worden, und zwar sowohl bezüglich der Schrämstangenbewegung als auch bezüglich der Vorschubregelung. Für die Bewegung der Schrämstange hat man im Gegensatz zu dem gewöhnlich benutzten Langsamgetriebe, das ein langsames,

[2]) „Glückauf" Bd. 60 (1924) S. 255 u. f.

Abb. 13 und 14. Grundzüge des Pfeilradmotors.

Abb. 19. Vorrichtung zum Regeln des Vorschubes bei Schrämmaschinen von Eickhoff.

Zahlentafel 2. Schrämleistungen mit Haken- und Helapicken in einem Flöz der Zeche ver. Sälzer & Neuack.

Versuchdauer min	Luftverbrauch m³	Schrämleistung m³	m³/h	Luftverbrauch m³/m³
Versuchreihe 1 mit Helapicken und 4,11 at mittlerem Luftdruck				
36	504,55	32,2	—	15,7
31	403,45	17,5	—	23,1
29	461.65	18,9	—	24,4[1]
42	540,20	28,0	—	19,2
138	1909,85	96,6	42,0	20 23
Versuchreihe 2 mit Hakenpicken und 4,02 at mittlerem Luftdruck				
20	309,00	13,00	—	23,77
21	334,15	12,35	—	27,05
36	540,20	18,33	—	29,47
59	875,00	23,92	—	36,58[1]
24	407,00	16,77	—	24,26
160	2465,35	84,37	31,63	30,22

[1]) Durchfahren einer kleinen Störung.

der Schneidarbeit entsprechendes Einschwenken der Schrämstange ermöglicht, ein Schnellgetriebe angeordnet, um für raschen Rückzug der Schrämstange sorgen zu können. Diese Möglichkeit ist besonders wichtig für die später zu besprechenden Strecken- und Überbau-Vortriebsmaschinen.

Für den Vorschub, der in der üblichen Weise durch eine mit Schubklinken gedrehte und ein Drahtseil aufwickelnde Trommel erfolgt, hat sich der Einbau eines Doppelklinkengetriebes gemäß Abb. 18 als vorteilhaft erwiesen: hier werden zwei um 180° versetzte Schubklinken benutzt, wodurch statt eines größeren zwei kleinere Vorschubrucke bei jeder Umdrehung erzielt werden.

Für die Regelung des Vorschubes nach der Härte der Kohle werden verschiedene Vorrichtungen benutzt, die das Eingreifen der Schubklinke in das Vorschubsperrad verzögern oder beschleunigen. Eine Eickhoffsche Ausführung zeigt Abb. 19: durch eine Schnecke wird ein Schneckenbogen bewegt und damit durch Vermittlung eines mit diesem Bogen verbundenen Abdeckbleches eine mehr oder weniger große Zahl von Zähnen abgedeckt. Nach der neuen Bauart der Demag werden zwei Sperrklinken, die sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit um ein Sperrad bewegen, durch eine Steuertrommel mit entsprechenden Ausschnitten für längere oder kürzere Zeit mit dem Sperrad in Eingriff gebracht.

Die Hebelwirkung des Zugseiles auf die Schrämstange, die den Schneidwiderstand nicht ausgleicht, hat die Flottmann-Werke zu einer neuen Bauart geführt, bei der die Trommelwelle nach beiden Seiten über ihre Lagerstellen hinaus soweit verlängert ist, daß die Trommel nach Bedarf rechts oder links fliegend aufgesteckt werden kann und der Seilzug nahe an den Stoß verlegt wird.

Für die Schmierung werden teils Bosch-Öler und ähnliche Verteilvorrichtungen benutzt, teils bedient man sich der Druckluft zur Verteilung des Öles auf die einzelnen Stellen, Abb. 20 und 21.

Im Gesamtbau der Maschine strebt man immer mehr glatte Außenflächen an, um der Bewegung der Maschine möglichst wenig Hindernisse zu bieten. Außerdem ist der Einheits- oder Paßbau zu erwähnen, Abb. 22 bis 27, bei dem der Druckluftmotor, Abb. 24, gegen einen elektrischen Motor nebst Anlasser, Abb. 22, und der für die Schrämstange bestimmte Schrämkopf, Abb. 27, gegen einen solchen mit Schrämkette, Abb. 25, ausgewechselt werden kann. Jeder dieser drei Einzelteile, insbesondere der Motor, kann so für sich ausgewechselt und überholt oder ausgebessert werden, so daß der Betrieb mit Ersatzstücken,

Abb. 18. Doppel-Klinkengetriebe für den Stangenvorschub[1]).

[1]) „Glückauf" Bd. 59 (1923) S. 989.

Abb. 20 und 21. Schmierung mit Hilfe von Druckluft bei der Schrämmaschine von Knapp. Die Pfeile geben die Richtung des mitgenommenen Öles an, die abströmende Luft kühlt die Maschine.

Abb. 22 bis 27. Auswechselteile von Schrämmaschinen der Firma Gebr. Eickhoff, Bochum.

Abb. 22. Elektromotor mit Anlasser.

Abb. 27. Schrämkopf mit Schrämstange.

Abb. 23 bis 26. Windwerk, Preßluftmotor, Schrämkopf mit Schrämkette und Schlitten.

die unter Tage vorrätig gehalten werden können, rasch fortgesetzt und das Herausschaffen der ganzen Maschine vermieden werden kann.

Für den elektrischen Antrieb werden vollständig dicht gekapselte Motoren mit Rippenkühlung bevorzugt, deren Gehäuse stark genug ist, um Explosionen durch etwa eingedrungenes Grubengas auszuhalten. Der Kabelanschluß wird so eingerichtet, daß er erst nach Ausschaltung des Stromes hergestellt und gelöst werden kann, also Funken vermieden werden.

Durch diese Verbesserungen ist die Schlagwetter- und Berührungsgefahr beim elektrischen Antrieb aufs äußerste eingeschränkt. Trotzdem wird die Einführung des elektrischen Antriebs in Gruben mit Explosionsgefahr und wenig mächtigen Flözen noch auf sich warten lassen, obwohl dieser Antrieb bedeutend wirtschaftlicher und auch nicht den Schwankungen des Druckluftdruckes ausgesetzt ist; allerdings bringt er eine gewisse Erwärmung des Wetterstromes an Stelle seiner Abkühlung durch die Druckluft mit sich.

Wichtig ist für die Schrämarbeit die Möglichkeit, die Höhenlage des Schrams verschieben zu können, wodurch bei größerer Flözmächtigkeit das Hereinbrechen einer zu schweren Kohlenbank verhütet und die bequeme Hereingewinnung der Unterbank durch Abbauhämmer ermöglicht werden kann; ferner bietet dies die Möglichkeit, geeignete Lagen (weichere Kohlenschichten, Bergmittel) für die Herstellung des Schramschlitzes zu benutzen. Namentlich das Herausschrämen eines Bergmittels, das gleichzeitig, bei genügender Aufsicht, die Gefahr einer Verunreinigung der Kohle vermeidet, ist erwünscht. Erreicht wird dieses Ziel einmal durch Verlagern des Schrämkopfes auf Tragspindeln, die verstellt werden können, ferner durch die Möglichkeit, den Schrämkopf umzudrehen, und schließlich durch Aufbau der Maschine auf besonderem Bockgestell, Abb. 28, wobei dann wieder durch Zwischenschalten von Tragspindeln ein feineres Einstellen für wechselnde Lagerungsverhältnisse ermöglicht werden kann.

Das Anpassen der Maschine an die verschiedenen Stellungen zum Stoß, Linksmaschinen und Rechtsmaschinen, wird z. B. bei einer Knappschen Bauart dadurch erreicht, daß die Maschine vollständig symmetrisch gebaut wird, so daß sie einfach auf den Rücken gelegt werden und nach der anderen Seite arbeiten kann. Sonst muß man für die Schräm-

Abb. 29. Verschiedene Arbeitsrüstungen von Stangenschrämmaschinen.

a untergängiger Schnitt *b* obergängiger Schnitt *c* Teil-(Bergzufuhr-) Strecke *d* Bergversatz *c* Schüttelrutsche *f* Querschlag *g* Kohlenabfuhrstrecke.

Abb. 28. Schrämmaschinen (Knapp) auf besonderem Bockgestell.

Abb. 30. Schnellfahrtschaltung (Eickhoff).
Die Kette wird durch Umlegen eines Kettenhebels mit dem Getriebe gekuppelt. In dieses ist eine durch Federdruck regelbare Bremskupplung eingeschaltet.

stange zum gleichen Zweck die Möglichkeit einer Schwenkung um etwa 200° vorsehen.

Der Betrieb der Schrämmaschinen, Abb. 29, der früher teils von unten nach oben (unten in der Abb.), teils von oben nach unten (oben in der Abb.) erfolgte, wird jetzt vorzugsweise von unten nach oben durchgeführt, da dann die Maschine gleichmäßig beansprucht wird, ohne umgedreht werden zu müssen, und das Schramklein rasch beseitigt werden kann. Erleichtert wird dieser Betrieb durch die bereits erwähnten Schnellgetriebe für die Talfahrt, die ein rasches Herunterlassen der Maschine ermöglichen; sie benutzen entweder die Regelung des Vorschubs durch Verschieben der Zahnabdeckung, Abb. 19, oder neuerdings ein besonderes Getriebe, Abb. 30. Anderseits bietet allerdings die abwechselnde Arbeitsrichtung der Maschine, Abb. 29, den Vorteil, daß die Maschine bereits nach teilweiser Beseitigung der hereingebrochenen Kohle ihre neue Tätigkeit beginnen und dadurch besser ausgenutzt werden kann. Auch ist, wenn die Maschine nicht unmittelbar auf dem Liegenden schrämt, nicht so leicht mit der sonst bei der Talfahrt gegebenen Gefahr des Erstickens der Maschine im Schramklein zu rechnen. Da außerdem bei dem raschen Herablassen der Maschine, das für einseitigen Angriff notwendig ist, wiederholt schwere Unfälle durch Überfahren von Leuten eingetreten sind, so ist auch das Schrämen von oben nach unten immer noch von Bedeutung.

Bemerkenswert ist das Eindringen der Stangenschrämmaschinen in das Gebiet des Auffahrens von Strecken und Überhauen in harter Kohle, das den Säulenschrämmaschinen, die sich hier auch nach wie vor in größerem Umfange behauptet haben, wegen ihrer einfachen Schwenkbewegung und ihrer besonderen Eignung für harte Kohle vorbehalten zu sein schien. Am einfachsten gestaltet sich der Betrieb in Überhauen und Strecken mit mäßiger Breite, weil man dann infolge der Schwenkbewegung der Schrämstange den ganzen Halbkreis beherrschen kann. Für das Vorziehen der Maschine kann gemäß dem auf Zeche Lohberg angewandten Verfahren[1]) ein kräftiger Rundeisendorn benutzt werden, der unmittelbar vor dem Ortstoß ins Liegende geschlagen wird und an den sich die Maschine mit ihrem Seil in der gewöhnlichen Bewegung heranzieht. Neuerdings benutzen z. B. Knapp und die Deutsche Maschinenfabrik besondere Vorschubstangen, die an Spannsäulen befestigt werden, und an denen sich die Maschine durch Vermittlung von Haken, Umführungsrollen usw. vor- und nachher wieder zurückziehen kann. Knapp

[1]) „Glückauf" Bd. 59 (1923) S. 990.

baut solche Maschinen als Sondermaschinen ohne Seiltrommel und rüstet sie statt deren mit einem Kettenzug aus[2]), wogegen Eickhoff und Demag, um die Maschine auch für den Abbau ausnutzen zu können, eine für beide Arbeiten geeignete Bauart verwenden.

Bei breiterem Auffahren von Strecken und Überhauen kann die Maschine entweder um eine Spannsäule im Halbkreis geschwenkt[3]) oder, wie beim Abbau, nur um 90° gedreht, am Stoß entlang gezogen werden; letzteres Verfahren liefert rechteckig begrenzte Schrämabschnitte.

Der von den Flottmann-Werken ausgebildete sogenannte Kohlenschneider kennzeichnet sich als eine Klein-Schrämmaschine; sein Gewicht beträgt rd. 300 bis 350 kg, wozu noch das Gewicht des Windwerkmotors mit rd. 100 kg hinzutritt, die Kraftentwicklung 10 bis 12 PS. Der Kohlenschneider stellt Schramschlitze von 0,7 bis 1,4 m Tiefe her. Er eignet sich daher besonders für weniger feste Kohle und für steileres Einfallen. Bei größerem Fallwinkel wird der Windwerk-

[2]) „Glückauf" Bd. 61 (1925) S. 831.
[3]) „Glückauf" Bd. 59 (1923) S. 990.

Abb. 31. Kohlenschneider mit besonders aufgestelltem Windwerkmotor bei steilem Einfallen.
a Motorwindwerk b Tragrahmen c Drehkolbenmotor d Getriebegehäuse e Steuerschwanz.

motor *a* selbständig aufgestellt, Abb. 31. Der Schramschlitz wird in der Höhenlage, Abb. 32, durch Kippen der Maschine um eine Achse und Verbolzen in der gewünschten Stellung mit einem Kreisbogen-Laschenstück verstellt. Für das Schwenken der Stange beim Einbruch ist kein besonderer Schwenkkopf vorhanden; man dreht die ganze Maschine um eine senkrechte Schwenkachse.

Die Kettenmaschine, die im amerikanischen Bergbau von jeher eine große Bedeutung gehabt hat, ist neuerdings auch bei uns im Vordringen begriffen. Sie kann im Gegensatz zu den fräsend wirkenden Stangenschrämmaschinen als Hobelmaschine gekennzeichnet werden und eignet sich besonders für harte Kohle, weil für diese infolge der kräftigen Zugwirkung der Kette, eine solche Arbeitsweise gut geeignet ist und anderseits bei festerer Kohle nicht so leicht mit einem Verschütten der Maschine durch Hereinbrechen der unterschrämten Bank zu rechnen ist, gegen das diese Maschinen naturgemäß empfindlicher sind als die Stangenschrämmaschinen. Vorzüge der Kettenmaschine sind ferner die gröbere Körnung des Schramkleins sowie die gleichfalls bei harter Kohle besonders zur Geltung kommende Möglichkeit, die Meißel dauernd zu beobachten und rechtzeitig, und zwar ohne größere Betriebsunterbrechung, auszuwechseln, sowie die geringe Empfindlichkeit gegen Schwefelkieseinlagerungen, die bei dieser Arbeitsweise mehr herausgerissen als zermahlen werden. Die Meißel werden, damit man die ganze Höhe des Schramschlitzes bestreichen kann, gegeneinander versetzt, was entweder durch entsprechende Gestalt der Meißelhalter, Abb. 33, oder der Meißel selbst, Abb. 34, erreicht werden kann. Je nach der Festigkeit der Kohle in den verschiedenen Höhenlagen können die Meißel oben oder unten in größerer Zahl angeordnet werden.

Abb. 33. Meißelhalter verschieden ausgebildet.

Abb. 34. Meißel verschieden ausgebildet.

Abb. 33 und 34. Meißelbefestigung bei der Eickhoffschen Kettenschrämmaschine.

Der Gesamtaufbau der Kettenschrämmaschine unterscheidet sich von dem der Stangenschrämmaschine so wenig, daß man den Stangenschrämkopf lediglich gegen einen Kettenschrämkopf auszuwechseln braucht, um die gleiche Maschine als Kettenmaschine verwenden zu können, Abb. 25 und 27.

Die Säulenschrämmaschine, die von jeher von der Deutschen Maschinenfabrik hergestellt worden ist und deren Bauart als bekannt vorausgesetzt werden kann[1]), ist neuerdings auf einen Schlitten gesetzt und dadurch leicht beweglich gemacht worden, Abb. 35. Sie eignet sich besonders für steileres Einfallen und wegen ihrer kräftigen Angriffsweise durch eine stoßend bewegte Schrämkrone vorzugsweise für feste Kohle und bietet außerdem den Vorteil, daß sie Schlitze in beliebiger Richtung herzustellen gestattet. Daher hat sie sich nicht nur für den Streckenvortrieb behauptet, sondern auch im Abbau ein nicht unbeträchtliches Anwendungsgebiet erobert.

[1]) Z. Bd. 66 (1922) S. 626.

2. Gewinnungsmaschinen.

Die Gewinnungsmaschinen sind in ihrer gegenwärtigen Anwendung hauptsächlich auf die Abbauhämmer[2]) beschränkt; sie wurden zeitweise durch die sogenannten Drucklufthacken, Abbauhämmer, die an Hackenstielen befestigt waren, zurückgedrängt, haben sich aber wegen ihrer einfacheren und weniger anstrengenden Handhabung wieder durchgerungen. Man kann die Wirkung eines Abbauhammers als diejenige eines mit einer Hebelstange verbundenen Keiles kennzeichnen, indem der Abbauhammer während des Schrämens hebelartig bewegt wird. Die überlegene Wirkung gegenüber der mit Hand geführten Hacke beruht nicht nur auf der größeren Stärke und schnellen Aufeinanderfolge der Schläge, sondern auch auf der in einem Punkt gesammelten Schlagkraft.

Mit der rasch zunehmenden Verwendung von Abbauhämmern hat sich ihr Luftverbrauch immer stärker bemerkbar gemacht und mehr und mehr zum Bevorzugen der Kolbenschiebersteuerungen gegenüber den einfacheren Flattersteuerungen geführt; außerdem möchte ich noch auf den Unterschied zwischen Kompressions- und Vorentlüftungshämmern hinweisen. Die Kompressionshämmer arbeiten infolge der stärkeren Verdichtung vor und hinter dem Schlagkolben mit größerer Schlagzahl und geringerer Schlagkraft, während bei den Vorentlüftungshämmern eine Vorentlüftung angebracht und dadurch die Schlagkraft vergrößert, die Schlagzahl verringert wird. Die Vorentlüftungshämmer erzielen einen besser sitzenden Schlag. Diese Wirkung tritt besonders verstärkt bei dem neuerdings von der Maschinenfabrik Stephan, Frölich & Klüpfel herausgebrachten Klebschlaghammer auf, Abb. 36. Das Spitzeisen wird mit Hilfe eines Umführungskanals *a* durch Druckluft gegen den rückwärtigen Sitz des Bundes *b* gepreßt, wodurch Prellschläge verhütet werden; ein solcher

[2]) Z. Bd. 66 (1922) S. 627 und „Glückauf" Bd. 60 (1924) S. 613.

Abb. 32. Kohlenschneider der Flottmann-Werke, für höherliegenden Schram eingestellt.

Abb. 35. Schrämmaschine für niedrige Flöze mit Spezialsäule NKSK und Zentralsektor.

Abb. 36. Klebschlaghammer der Maschinenfabrik Stephan, Frölich und Klüpfel.
a Umführungskanal *b* Bund.

Abb. 37. Spitzeisen des Abbauhammers der Maschinenfabrik Glückauf mit kegelig ausgebildetem Kopf.
a Spitzeisen *b* kegelförmiger Kopf des Spitzeisens *c* Gabelkupplung *d* Büchse.

Abb. 38. Abbauhammer der Maschinenfabrik Glückauf mit kegelig ausgebildeter Überwurfmutter *m*.

Abb. 39. Schmiervorrichtung der Maschinenfabrik Hausherr, Hinselmann & Co.
a Ölbehälter *b* Packung *c* Steuerkölbchen *d* Bohrungen.

Hammer bohrt sich unter günstigen Umständen selbsttätig in die Kohle hinein. Bei dieser Bauart wird die vordere Schlagfeder entbehrlich.

Das Gewicht der Hämmer beträgt meist zwischen rd. 4½ und 9 kg. Im allgemeinen werden die schwereren Hämmer heute bevorzugt, namentlich bei steilerem Einfallen und größerer Flözmächtigkeit, wo ihre Handhabung den Mann weniger anstrengt, da er dann von oben nach unten arbeiten kann.

Besondere Aufmerksamkeit wird dem eigentlichen Arbeitswerkzeug, dem Spitzeisen, zugewendet, das hier nicht nur, wie bei Niethämmern u. dergl., die zahlreichen Schläge auszuhalten hat, sondern auch durch die Hebelwirkung, die von ihm verlangt wird, auf Biegung beansprucht wird. Daher wird auf Verwendung guten Stahls und auf gute Führung des Spitzeisenkopfes in der Meißelbüchse Gewicht gelegt; Düsterloh, Krupp u. a. stellen den Kopf mit Feinpassung her und vermeiden so wenigstens die beim Ecken des Spitzeisens möglichen schiefen Prellschläge. Den Abbauhämmern der Fried. Krupp A.-G. kommt die vorzügliche Stahlbeschaffenheit zugute, mit der die Hüttenabteilung die Herstellung unterstützen kann.

Darüber hinaus aber macht sich neuerdings das Bestreben geltend, die Hebelwirkung überhaupt auszuschließen und den Hammer nur als Keilvorrichtung zu benutzen. In diesem Sinne hat z. B. die Bohrmaschinenfabrik Glückauf in Gelsenkirchen das Spitzeisen *a* am Kopf kegelig ausgebildet, Abb. 37, um es mit einer durch den größeren Widerstand gesteigerten Schlagzahl mit verstärkter Keilwirkung eintreiben zu lassen und dadurch das Absprengen der Kohle zu erreichen. Das Spitzeisen wird hier durch eine Gabel *c* in der Büchse *d* gehalten. Der gleiche Zweck kann, Abb. 38, auch dadurch verfolgt werden, daß die kegelige Ausbildung in die Überwurfmutter *m* verlegt wird. Noch einen Schritt weiter geht die Frankfurter Maschinenbau A.-G., indem sie schwere, „zweimännische" Hämmer von etwa 16 bis 20 kg Gewicht mit einem kegelig zum Spitzeisen überleitenden Zylinderkopf baut und dadurch die Keilwirkung besonders kräftig gestaltet.

Dem Keilwinkel des Spitzeisens wie überhaupt der Gesamtgestaltung dieses Werkzeuges muß man, ähnlich wie der Gestaltung der Schrämpicken, besondere Aufmerksamkeit zuwenden, damit für die jeweilige Kohlenbeschaffenheit die am besten geeignete Form gefunden werden kann.

Die Abbauhämmer wurden bisher durchweg einfach in der Weise geschmiert, daß von Zeit zu Zeit, meist nur bei Beginn der Schicht, in den Anschlußschlauch oder in den Zylinder eine gewisse Ölmenge gegossen wurde. Jedoch haben genauere Versuche der Gewerkschaft Düsterloh ergeben, daß schon nach kurzer Zeit keine Spur dieses Öles mehr nachweisbar war, der Hammer also während des größten Teils der Betriebszeit ganz ohne Öl arbeitete. Dieser Mangel wird von den meisten Herstellern wegen der gut geschützten und sorgfältig eingeschliffenen und gehärteten Dichtungsflächen nicht für bedenklich gehalten. Doch verwendet die Maschinenfabrik Hausherr, Hinselmann & Co. jetzt eine besondere Schmiervorrichtung, Abb. 39; das von einer Packung *b* aufgesaugte Öl wird durch Verschieben der hohlen Büchse *c*, wodurch die Bohrungen *d* freigelegt werden, entsprechend den einzelnen Schlägen in feiner Verteilung der Preßluft zugeführt.

Das bereits gekennzeichnete Bestreben, das Hammergewicht zu vergrößern, hat in neuester Zeit zu Versuchen geführt, die Abbauhämmer auf einer Grundlage zu lagern. Der Abbauhammer von Romberg, Abb. 40, wird mit Hilfe eines Drehzapfens *a* auf eine drehbare Hülse *b* gesteckt, die um und über das Rohr *c* bewegt werden kann; die Hülse kann nach und nach durch einen Steckbolzen an verschiedenen Stellen des Rohres (entsprechend den Löchern) befestigt und dadurch der Hammer am Stoße entlang geführt werden. Er wird mittels des Druckluftzylinders *d* vorgeschoben und dann vermöge seiner Beweglichkeit in zwei zueinander senkrechten Ebenen sowohl zum Absprengen als auch zum Schlitzen und Schrämen benutzt. Die bisherigen Versuche sollen befriedigend ausgefallen sein. Allerdings scheint das Handhaben und Fortschaffen der Vorrichtung noch als etwas umständlich.

Abb. 40. Abbauhammer von Romberg.
a Drehzapfen *b* drehbare Hülse *c* Rohr mit Verstecklöchern *d* Vorschubzylinder

Noch weiter geht Rutenborn; die fahrbare Gewinnungsmaschine wird hier mit zwei übereinander auf Schraubenspindeln gelagerten schweren Abbauhämmern ausgerüstet. Die Hämmer können von Hand vorgekurbelt und durch maschinelles Drehen der Spindeln nach der Seite gedrückt werden, wobei sie sich um einen Drehzapfen in ihrem hinteren Ende bewegen. Die Maschine wird

von der Maschinenfabrik Rud. Wilhelm in Altenessen gebaut. Sie soll unter günstigen Umständen die Schrämarbeit entbehrlich machen und den Kohlenstoß in schmalen Streifen in seiner vollen Mächtigkeit hereingewinnen. Das Ergebnis der Versuche bleibt abzuwarten. Jedenfalls verdient der Gedanke ernste Prüfung, da man erst mit regelrechten Gewinnungsmaschinen die Vorteile der maschinellen Gewinnung voll ausnutzen kann und der Bergbau durch Verwendung der Stangen- und Kettenschrämmaschinen bereits an die Bewegung schwerer Maschinen im Abbau gewöhnt worden ist. Ungünstig scheint allerdings die starke Hebelwirkung, durch die nach dem früher Gesagten die Schlagwerkzeuge stark beansprucht werden.

Die Wirkungen der Einführung der maschinellen Gewinnung in einem rheinischen Großbetriebe zeigt Abb. 41, wo in zwei von den herausgegriffenen sechs Flözen die Gewinnung bereits fast vollständig auf Schrämmaschinen eingestellt ist. Die Wirkungen prägen sich besonders in dem geringeren Sprengstoffverbrauch und dem höheren Stückkohlenfall aus. Die verhältnismäßig geringfügige Zunahme des Druckluftverbrauchs, der jeweils für die ganze Schachtanlage ausgerechnet ist und überwiegend sogar eine Abnahme zeigt, weist auf sorgfältige Druckluftwirtschaft hin.

Abb. 41. Vergleich der wichtigsten Betriebzahlen vor und nach Einführung der maschinellen Gewinnung in 6 Flözen einer größeren rheinischen Gewerkschaft.

Die maschinelle Kohlengewinnung wird ihre volle Wirkung erst entfalten können, wenn ihr durch die entsprechende Gestaltung des Abbau- und Förderbetriebes genügend Vorschub geleistet wird und durch Ausbildung geeigneter Mannschaften, durch sorgfältige Behandlung der Maschinen im Betriebe, durch eingehende und sachverständige Überwachung des ganzen Betriebes der Maschinen im Abbau die erforderliche eingehende Berücksichtigung zuteil wird. Die bisherigen Ergebnisse ermutigen jedenfalls ebenso dazu, durch zielbewußte Anwendung aller dieser Maßnahmen die mit der maschinellen Gewinnung erzielbaren Vorteile auf ihr Höchstmaß zu bringen, wie die wirtschaftlichen Schwierigkeiten des Steinkohlenbergbaus dazu nötigen. [B 665]

Abwasser- und Schlammbehandlung auf Zechen des Ruhrbezirkes.

Die der Emschergenossenschaft gesetzlich gestellte Aufgabe der Reinigung aller der Emscher und ihren Nebenflüssen zufließenden Abwasser beschränkt sich im allgemeinen, abgesehen von der Phenolbeseitigung aus den Abwassern der Nebengewinnungsanlagen, für alle Abwasserarten auf das Zurückhalten des absetzbaren Schlammes und aller Schwimmstoffe (Teer und Öl). Ein Erleichtern und Verbilligen der Reinigungskosten läßt sich oft erzielen durch Mischen von häuslichem und gewerblichem Abwasser, das zulässig ist für sämtliches im Emschergebiet anfallende gewerbliche Abwasser mit Ausnahme folgender vier Abwassergruppen: 1. das Gaswaschwasser der Hochofenwerke, 2. das Kohlenwaschwasser der Zechen, 3. das phenolhaltige Abwasser der Nebengewinnungsanlagen der Zechen und 4. die Teer- und Ölabflüsse aller Maschinenbetriebe des Bezirkes, ganz besonders wieder der erwähnten Nebengewinnungsanlagen. Das Reinigen dieser vier Abwasserarten hat die Genossenschaft den Verschmutzern selbst überlassen; sie stellt ihnen jedoch durch ihre besondere Abteilung für den Bau und Betrieb gewerblicher Anlagen im Emschergebiet alle ihre klärtechnischen Erfahrungen zur Verfügung.

Das neuzeitliche Klären des Abwassers beginnt mit dem Herausgewinnen der Staubkohle aus dem Kohlenschlamm; in zunehmendem Maße wird heute hierzu die Schwimmaufbereitung[1]) verwendet, die ein gutes Ausbringen bei weitgehendem Entaschen des Kohlenschlammes erreicht, bei dem aber das Trocknen des mit schaumigen Ölblasen durchsetzten Erzeugnisses noch erhebliche Schwierigkeiten und Kosten verursacht. Nicht geringer sind die Kosten für die weitere Behandlung der Bergeabgänge (30 vH des Schlammes), die wegen ihres Lettengehaltes nicht ohne weitere Behandlung in die Emscher und ihre Nebenbäche abgestoßen werden dürfen. Eine einwandfreie Abwasserklärung sowie betriebsichere, bequeme Schlammbehandlung läßt sich durch getrenntes Schlammtrocknen außerhalb der Klärbecken erreichen. In solchen Anlagen wird der sich aus dem Wasser absetzende Schlamm fortlaufend oder in kurzen Abständen aus den Klärbecken herausgepumpt und in einer Druckrohrleitung zur Trocken- oder Verwendestelle gedrückt. Das Ausräumen des Naßschlammes aus der Kläranlage kann von Hand oder maschinell erfolgen. Bei dem maschinellen Naßschlammausräumen bedient man sich des Dorr-Eindickers oder mit Grabschaufeln versehener Baggereinrichtungen[2]).

Der so gewonnene Kohlenschlamm wird mit den geringsten Anlagekosten auf natürlichem Wege durch Verdunsten und Versickern getrocknet. Durch die maschinelle Druckentwässerung des Kohlenschlammes mit Hilfe der Madruckpressen wird der Kohlenschlamm schneller getrocknet, wobei der in den Kokereien als billiger Abfallbrennstoff anfallende Koksgrus gute Verwendung findet. Die ohne Zusatz von Bindemitteln bei einem Druck von 40 at entstehenden festen Preßlinge mit einem Wassergehalt von 15 bis 20 vH bilden einen guten Brennstoff für normale Feuerungen. Die für die künstliche Kohlenschlammtrocknung am häufigsten angewandten Trommelfilter verschiedener Bauart haben durch Einbau einer Druckzelle zum Abdrücken des trockenen Schlammkuchens vom Filtersieb, wodurch der durch das Schlammmesser bedingte Verschleiß der Filtersiebe und -tücher bedeutend herabgesetzt wird, eine weitere Verbesserung erfahren. Der so gewonnene trockene Kohlenschlamm wird nach Durchmischen mit Kohlengrus, Mittelgut oder trocken abgesaugtem Kohlenstaub durch ein Becherwerk in den Hochbehälter des Kesselhauses gehoben und fällt von hier selbsttätig auf die Feuerung. Beim Fehlen von trockenem Kohlenstaub oder Koksgrus wird das maschinenmäßige Verfeuern von normal getrocknetem Kohlenschlamm wegen seines Haftens in Behältern und Becherwerken nicht möglich sein. In solchen Fällen wird der Wassergehalt weiterhin am besten durch Heißtrocknung des Kohlenschlammes vermindert, die für die zurzeit immer mehr zur Einführung gelangende Kohlenstaubfeuerung besondere Bedeutung besitzt, da gerade aschenreiche Brennstoffe bei dieser mit bester Wirkung verbrannt werden können.

Die übrigen auf einer Zeche anfallenden Schlammengen verursachen keine besonderen Schwierigkeiten. Der mit dem Kokslöschwasser von den Löschbühnen abgespülte Koksgrus fällt in Kläranlagen schnell zu Boden, und das geklärte Löschwasser ist so rein, daß es meist wieder zum Löschen verwendet wird. Ebenso ist die Befreiung des Ammoniakabwassers von den mitgeführten ungelösten Kalkmengen eine einfache Aufgabe, da der Kalk schnell zu Boden sinkt. Die im Ammoniakwasser in Lösung befindlichen Giftstoffe dagegen, wie Phenole, Rhodan und Zyan, die große Schädigungen der Rheinfischerei verursachen, bieten heute noch große Schwierigkeiten. Das von F o w l e r in England angegebene Verfahren der biologischen Reinigung des Ammoniakabwassers von Phenolen scheiterte an den sehr hohen Bau- und Betriebskosten solcher Anlagen. Es ist daher zweckmäßig, überhaupt keine Phenole in das Abwasser gelangen zu lassen, diese vielmehr schon aus dem Gasrohwasser vor den Ammoniak-Abtreibevorrichtungen durch Auswaschen mit Benzol zu gewinnen. Diese von den Firmen B a m a g - M e g u i n und P o s s e y e r durchgearbeiteten, auf Zechen des Ruhrgebiets bereits in Betrieb befindlichen Extraktionsverfahren gestatten eine Gewinnung des Phenols bis zu 60 vH. Der im Abwasser verbleibende Phenolrest ist dann mit dem vom Oberchemiker der Emschergenossen-

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 1 u. 444; s. a. Z. Nr. 30 S. 977.
[2]) „Glückauf" Bd. 61 (1925), S. 500 bis 512.

ölhaltigen Abwassermengen abkühlen, durch Ausnutzen der spezifischen Gewichtsunterschiede zum größten Teil zurückhalten.

Zum Fernhalten des gewerblichen Schlamms vom Rhein hat die Emschergenossenschaft an der Mündung der größten Seitenbäche in die Emscher große, neuzeitlich ausgerüstete Sickerbecken und Kläranlagen gebaut, deren Anlage bei einem jährlichen Schlammabfall von rd. 40 000 t mit 30 vH Wassergehalt und 65 vH Brennbarem gerechtfertigt erscheint.

[557] Prockat.

Dampfkran für den Verschiebedienst.

Der Dampfkran bekannter Bauart, ein wegen seiner vielseitigen Verwendbarkeit und freien Beweglichkeit sehr beliebtes Hebezeug, weist bisher einen Nachteil auf, der sich im Betriebe zuweilen unangenehm bemerkbar macht.

Während der Lastenförderung ist es meist notwendig, die zu beoder entladenden Eisenbahnwagen zu verschieben, um neue Wagen an die Arbeitsstelle heranzuführen. Dieser Tätigkeit ist ein Dampfkran gewöhnlicher Bauart nicht recht gewachsen; wenn der Dampfkran auch imstande ist, einen oder zwei beladene Wagen zu verschieben, so erschöpft sich doch die Leistung des Kessels schon bei verhältnismäßig kurzen Wegen und geringen Fahrgeschwindigkeiten, so daß es notwendig wird, vor dem Beginn der Förderarbeit Atempausen einzulegen. Für einen lebhaften Betrieb genügt also der gewöhnliche Dampfkran hinsichtlich der Verschiebeleistung den Ansprüchen nicht, und man ist gezwungen, eine besondere Verschiebelokomotive zu verwenden.

Aus diesen Erwägungen hat man eine neue Konstruktion[1]), Abb. 1 und 2, geschaffen. Dieser Dampfkran ist in seinen äußeren und den Kesselabmessungen nicht größer als die bekannte Bauart; seine Ausladung von 4 bzw. 9 m und Tragkraft von 6 bzw. 2 t genügen ebenfalls den üblichen Ansprüchen. Indessen ist durch außerordentlich glücklich gewählte Verhältnisse zwischen Kessel, Dampfmaschine und Fahrwerkübersetzung eine erheblich höhere Verschiebeleistung erreicht worden.

Während beim normalen Dampfkran die Verschiebeleistung bisher mit 90 t Zuglast und bei Vollast mit 50 bis 60 m/min, ohne Last mit 100 bis 120 m/min Fahrgeschwindigkeit angegeben wird[2]), ist der neue Kran imstande, ein Zuggewicht von 100 t mit 150 m/min Geschwindigkeit auf gerader ebener Strecke zu fördern: d. h. 5 beladene Wagen mit je 15 t Nutzlast. Selbst bei 10 vT Steigung aufwärts entwickelt er mit 150 t angehängter Last noch 100 m/min Geschwindigkeit. Auf geraden ebenen Gleisen kann die Geschwindigkeit bei gleicher Last bis auf 150 m/min und ohne Last bis auf 200 m gesteigert werden. Dabei hält der Kessel den Dampfdruck viel besser als sonst.

Mit den hierfür notwendigen konstruktiven Änderungen hat man andere Vorteile, namentlich hinsichtlich der Handhabung verbunden. Der Kranführer sitzt unmittelbar hinter der vorderen Führerhauswand und hat dadurch einen sehr guten unbehinderten Überblick über das Arbeitsfeld. Ferner sind die Hebelübersetzungen so gewählt, daß der Kranführer die Steuerbewegungen leicht ausführen kann. Durch die Anwendung geringer Kräfte wird einer Ermüdung des Kranführers vorgebeugt, wie sie bisher z. B. leicht beim Schalten des Wendegetriebes für das Drehwerk eintrat; die neue Konstruktion vermindert also Zeitverluste und erhöht damit die Beweglichkeit und Arbeitsgeschwindigkeit bedeutend.

Duisburg. [M 477] Dipl.-Ing. Dr. W. Benedict.

[1]) Bauart Niemag, Duisburg-Meiderich.

[2]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) Heft 41

4,0m
6t
9,0m
2t
a b c d e
RZ477Z1u.2

Abb. 1 und 2. Neuer Dampfkran für den Verschiebedienst.
a Fahrwerk *b* Drehwerk *c* Hubwerk *d* Einziehwerk *e* Platz des Kranführers.

schaft Dr. Bach verbesserten biologischen Reinigungsverfahren in einer Kontaktbelüftungsanlage zu vernichten.

Die durch den Öl- und Teergehalt bedingte, auffälligste und am schwierigsten zu beseitigende Verunreinigung des Emscherwassers läßt sich durch Einschalten von sogenannten Teerfängern, großen Becken, in denen sich die meist heiß abfließenden

Die rheinische Braunkohle[1].

Von Oberstudiendirektor Prof. Grunewald, Köln.

Neue Dampfwirtschaft in Brikettfabriken: Hochdruckdampf, Anzapf-Gegendruckturbinen verschiedener Bauart, Brikettpressen werden mit Abdampf betrieben, billige Überschußenergie, Kupplung des Kraftwerkes der Brikettfabrik mit Überlandkraftwerken, Regelung der Turbinen mit Rücksicht auf Abblasen von Kraftdampf und Zusetzen von gedrosseltem Trockendampf, Ausnutzen der Wärme der Kesselabgase für Kohlentrocknung bei Einbau von Elektrofiltern, Einfluß des elektrischen Antriebes der Pressen. — Wirtschaftliche Kohlentrocknung und Entstaubung: Ausschalten des Kühlhauses, Trennung von Feingut und Grobgut, Nachtrocknen mit Abwärme, Staubgewinnung, Gas und Teer. — Wrasenverwertung: Wärmepumpen für das Verdichten der gereinigten Wrasen erfordern zu viel Kraft. — Neue Konstruktionen im Abbau: Großraumförderer mit Schrägaufzug Abraumförderer, Bagger auf Raupenbändern.

Am 31. Januar 1874 überreichte der zuständige Bergrevierbeamte dem Oberbergamt in Bonn die Verhandlungen über die Errichtung des ersten lokomobilen Dampfkessels auf der Roddergrube bei Brühl. Mit dieser Einführung der Dampfkraft und mit der Aufstellung der beiden ersten mit Dampf betriebenen Brikettpressen im Jahre 1877 beginnt der ungeahnte, gewaltige Aufschwung der rheinischen Braunkohlenindustrie in den verflossenen fünfzig Jahren. Nach dem Kriege, besonders in den beiden letzten Jahren hat die Gewinnung und auch der Absatz der rheinischen Braunkohlen ständig zugenommen. In dieser Zeit wurden große wirtschaftliche Erfolge bei dem Gewinnen, Veredeln und Verwenden der Braunkohlen erzielt.

Neue Dampfwirtschaft in Brikettfabriken.

Die Brikettfabriken Beißelsgrube und Fortuna der Rheinischen A.-G. für Braunkohlenbergbau und Brikettfabrikation werden zur Zeit nach neuen Gesichtspunkten umgebaut. Abb. 1 zeigt die Dampf- und Druckverteilung der Brikettfabrik Beißelsgrube, die in 24 Stunden 550 t Briketts herstellt. Vier Steilrohrkessel der Büttnerwerke A.-G., Ürdingen, von je 400 m² Heizfläche liefern 40 t/h überhitzten Dampf mit 28 at Überdruck. Während bisher in den Kraftwerken der Brikettfabriken eine einfache Gegendruckturbine oder Gegendruckkolbenmaschine den Dampf nur für die Trockner entspannte, wurde hier zum ersten Male eine Anzapf-Gegendruckturbine aufgestellt. Die Brikettpressen werden nicht mit Kesseldampf, sondern mit Anzapfdampf betrieben. Durch die Trockner fließt der Abdampf der Pressen und der Gegendruckturbine. Die neue AEG-Turbine für 3500 PS verarbeitet in dem Hochdruckteil 40 t/h und im Niederdruckteil 17 t/h Dampf. Zwischen der Turbine und den Pressen und zwischen der Turbine und den Trocknern sind vier bzw. zwei außer Betrieb gesetzte Dampfkessel mit großem ausgleichendem Wasserinhalt als Überhitzungsvernichter oder Dampfsättiger, Abb. 2, eingebaut. Die Dampfumformer sind nach Art der Ruths-Speicher je mit neun Einspritzdüsen ausgerüstet. Dampfumformer mit Wassereinspritzung, die einen erheblich kleineren Raum beanspruchen, wurden aus Gründen der Betriebsicherheit nicht gewählt. Die alten Dampfpressen sind nicht für Überhitzung gebaut, die Trockner dürfen wegen der Entzündungsgefahr und zur Vermeidung von Dehnungen der Trockengehäuse nicht mit überhitztem Dampf arbeiten. Den Einbau der beiden Temperaturregler *d*, die selbsttätig nach Bedarf mit Pyrometer und Hilfsmotor überhitzten Dampf mit umgeformtem Dampf mischen, zeigt Abb. 1.

Nach den gleichen Grundsätzen erhält die Grube Fortuna eine Anzapf-Gegendruckturbine Brünner Bauart der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Abb. 3. Diese Turbine leistet 4820 PS. Die Kesselspannung beträgt 15,5 at, durch den Hochdruckteil der Turbine strömen 85 t/h, durch den Niederdruckteil 30 t/h Dampf. Während diese Turbine durch die große Stufenzahl, kleine Dampfgeschwindigkeiten in jeder Stufe, kleine Raddurchmesser und Umfangsgeschwindigkeiten unter 140 m/s gekennzeichnet ist, wurde von der AEG, die auch das Ausführungsrecht für die Brünner Bauart besitzt, für Beißelsgrube eine Konstruktion gewählt, die sich der Brünner Bauart nähert, weniger Stufen in der Vorschaltturbine hat und etwas größere Spielräume zuläßt. Ein zweikränziges Curtisrad wurde im Hochdruckteil und im Mitteldruckteil beibehalten aber für geringeres Gefäll als früher ausgeführt, um die Schwierigkeiten der Stopfbüchsenabdichtung bei hohem Druck zu umgehen. Die Umfangsgeschwindigkeit beträgt rd. 150 m/s. Es wird von besonderem Interesse sein, den thermodynamischen Wirkungsgrad des Hochdruckteils der beiden neuen Turbinen miteinander zu vergleichen.

Die großen wirtschaftlichen Vorteile, die die Verbindung von Kraft- und Heizanlagen mit sich bringt, sind in den Brikettfabriken an besondere, schwer zu erfüllende Bedingungen geknüpft. Genaue Messungen ergeben vielfach einen bis zu 50 vH höheren Dampfverbrauch, als der idealen Anlage entspricht. Wenn es daher auch von größter Bedeutung ist, auf einen hohen Wirkungsgrad der einzelnen Maschinen zu achten, so sind nicht weniger die Betriebsbedingungen zu untersuchen, damit die gesamte Wirtschaftlichkeit der Anlage nicht in Frage gestellt wird. Der Dampfbedarf für die Krafterzeugung ist nämlich nur sehr schwer in Einklang zu bringen mit dem Heizdampfbedarf der Trockner und bei den neuen Anlagen mit dem Anzapfdampfbedarf der Pressen.

Für eine richtige Trockenleistung sei ein Druck von 3,5 at abs erforderlich. Bei steigender Belastung im Kraftwerk entstehe z. B. ein Dampfüberschuß von 5 vH. Diese

Abb. 1. Neue Dampfverteilung für die Brikettfabrik Beißelsgrube.

- *a* Vier Dampfkessel von je 400 m² Heizfläche
- *b* Anzapf-Gegendruckturbine
- *c* Dampfdruckregler
- *d* Temperaturregler
- *e* Dampfsättiger
- *f* Heißdampf-Umführleitung
- *g* Dampfpressen
- *h* Kohlentrockner
- *i* Speisepumpe
- *k* Zusatzwasser
- *l* Kondensat
- *m* Kesselabgase von 350 bis 400 °C zur Rohkohlentrocknung

[1] Erweiterter Vortrag, gehalten auf der Wärmetagung der technisch-wissenschaftlichen Vereine Kölns am 23. März 1925.

Dampfmenge bläst ab. Will man dies vermeiden und erhöht statt dessen den Gegendruck auf 4 at, so können die Maschinen die gleiche Kraftleistung erst bei einer um rd. 10 vH größeren Dampfmenge hergeben. Statt eines Überschusses von 5 vH entsteht ein solcher von 15 vH, der durch die Trockner bei der Druckerhöhung von 3,5 auf 4 at abs unsichtbar verloren geht, da die Dampfmengen, die von den Trocknern über das notwendige Maß hinaus aufgenommen werden, ebenso verloren sind wie der Abdampf, der unmittelbar hinter der Gegendruckmaschine ins Freie entweicht. Ebenso ungünstig liegen die Verhältnisse, wenn durch ein handbedientes Ventil ständig eine gewisse unveränderliche Frischdampfmenge zugesetzt wird.

Bei einer Rohkohle von bestimmter Feuchtigkeit ist ein gleichbleibender Trockendruck von Hand an einem gesteuerten Dampfdruckregler einzustellen, der seinerseits die Zusatzdampfmenge selbsttätig mit einer Öl- oder Dampfsteuerung regelt. Ändert sich der Feuchtigkeitsgehalt der Rohkohle, so muß ein andrer gleichbleibender Regeldruck eingestellt werden.

Hoher Kesseldruck und niedriger Gegendruck sind mit Rücksicht auf wirtschaftliche Ausnutzung des Dampfes zur Krafterzeugung anzustreben. Bei einem Kesseldruck über 35 at rechtfertigen die erzielten Wärmeersparnisse nicht die wesentlich höheren Anlagekosten. Eine größere Trockenfläche gestattet einen geringeren Gegendruck, der stets unter 3 at abs liegen sollte, weil die höheren Anlagekosten für die Trockenfläche durch die bessere Dampfausnutzung ausgeglichen werden.

Für den Kraftbedarf der Grube und der Brikettfabrik genügt im Mittel ein Druckgefälle des Dampfes von 10 auf 3 at abs für die rheinische Braunkohle und von 15 auf 3 at abs für die mitteldeutsche Braunkohle mit höherem Deckgebirge. Das Druckgefälle von 30 auf 3 at abs liefert also Überschußenergie, die wegen ihrer billigen Herstellkosten eine große Bedeutung für die Gesamtwirtschaft der Brikettfabriken hat. Das Goldenbergwerk in Knapsack mit 290 000 kW Leistung der eingebauten Maschinen und das Kraftwerk Fortuna mit einer Leistung von 120 000 kW gebrauchen bei geringen Belastungsschwankungen und einer Rohkohle von 1840 kcal/kg rd. 4,2 kg Kohle für 1 kWh, das Kraftwerk Zukunft bei Weisweiler mit einer Leistung von 32 000 kW 5 kg/kWh, weil die Kohle feuchter ist und nur einen Wärmeinhalt von 1600 kcal/kg hat.

Weil in den Kraftwerken der Brikettfabrik an die Stelle der unwirtschaftlichen Kondensation die die Dampfwärme günstig ausnutzende Trockenanlage tritt, so kann unter Abzug des Wärmeinhaltes des Trockendampfes die Überschußenergie statt mit 4,2 bis 5 kg mit 1,4 bis 2 kg/kWh Rohkohle erzeugt werden. Diese billige Überschußenergie wird trotzdem wertlos, wenn sie nicht restlos untergebracht werden kann. Liegt aber die Möglichkeit vor, die Stromerzeuger der Brikettfabrik mit den Stromerzeugern eines großen Überlandkraftwerkes parallel zu schalten, so ergeben sich die berechneten großen Vorteile und darüber hinaus noch weitere Vorteile für die Dampfregelung der Gesamtanlage.

Abb. 2. Dampfumformeranlage für die Brikettfabrik Fortuna. Dampfdrücke in at abs.

Abb. 4 zeigt als Beispiel die neue Regelung der in Abb. 3 dargestellten Anzapf-Gegendruckturbine der MAN für die Brikettfabrik Fortuna, die mit den Turbinen des großen Kondensations-Kraftwerkes Fortuna parallel geschaltet ist. Der Geschwindigkeitsregler *a* ist dabei in einem gewissen Grade unwirksam. *A* ist fester Drehpunkt. Die Turbinenleistung hängt vom Dampfbedarf der Verbrauchstellen ab. Durch die parallel geschalteten Maschinen wird die Leistung ausgeglichen. Durch elektrische Kupplung wird die Umlaufzahl der Anzapf-Gegendruckturbine gehalten. Steigender Dampfbedarf im Gegendrucknetz bewirkt durch Drucksenkung in *b* ein Öffnen des Frischdampfventils *d*. Die Drucksteigerung im Entnahmeraum und über *c* öffnet das Überströmventil *e*. Abnahme des Dampfverbrauches bedingt die entgegengesetzten Bewegungen. Nur wenn der Gesamtdampfbedarf durch die Turbine nicht gedeckt werden kann, was aber in normalen Fällen ausgeschlossen ist, treten die Ventile *f* und *g* in Tätigkeit. Erst bei plötzlicher Entlastung greift der Umlaufregler *a* ein und schließt unabhängig vom Druckregler *c* das Frischdampfventil *d* und das Überströmventil *e*, ebenso wie der Schnellschluß.

Abb. 3. MAN-Anzapf-Gegendruckturbine Brünner Bauart für die Brikettfabrik Fortuna. 4820 PS, 15,5 at Kesselspannung.

Weil so die Belastungsschwankungen von den Turbinen des Großkraftwerkes übernommen werden, wird das sonst so häufige Abblasen von Gegendampf und der Zusatz von gedrosseltem Frischdampf vermieden und die billige Überschußenergie restlos ins Netz geschickt. Diese hohe Wirtschaftlichkeit wird von keiner anderen Anlage erzielt.

Entfällt die Verbindung mit dem Kraftwerk Fortuna, so hat die Anzapf-Gegendruckturbine nur den Kraftbedarf der Grube zu decken. Durch eine Drehzahl-Verstellvorrichtung kann aus dem Überumlaufbereich in den Normalumlaufbereich eingetreten werden. Auch kann durch eine besondere Einrichtung der Unwirksamkeitsbereich des Drehzahlreglers ausgeschaltet werden. Die durch die Turbine strömende Dampfmenge ist jetzt ausschließlich vom Leistungsbedarf abhängig. Fehlende Dampfmengen für Pressen und Trockner werden nach Abb. 4 durch die Ventile *f* und *g* zugesetzt, der jetzt allerdings seltene Dampfüberschuß gelangt durch das Sicherheitsventil *k* oder durch das von Hand zu betätigende Ventil *h* ins Freie.

Wenn die Grube zur Ersparnis von Bedienungsmannschaften elektrische Abraumlokomotiven einstellt oder Dampfbagger durch elektrische Bagger ersetzt, so können nach Abb. 5 gemäß einem beachtlichen Vorschlage der Maschinenfabrik Buckau A.-G., Magdeburg, den vorhandenen Zweiflammrohrkesseln Hochdruck-Steilrohrkessel vorgeschaltet werden. Zwei Zweiflammrohrkessel mit z. B. 160 m² Heizfläche erzeugen bei einer Belastung von 25 kg/m²h 4000 kg/h Dampf von 12 at. Der nur mit Kondensat gespeiste Vorschaltkessel mit 80 m² Heizfläche kann viel höher, mit etwa 50 kg/m²h und mehr, belastet werden und liefert ebenfalls 4000 kg Dampf von 35 at. Die Feuerung wird 1,5 m nach vorn verlegt. Die Rostfläche und der Rohkohlenverbrauch werden nicht größer, da der Wärmeinhalt der gleiche ist wie der des niedrig gespannten Dampfes. Die Anlagekosten sind geringer als die Anlagekosten für neue Hochdruckkessel. Die Niederdruckkessel liefern den Dampf für die Pressen und die Hochdruckkessel den Dampf für eine Vorschaltturbine.

Die Wärme der Abgase von 400 °C der vier Hochdruckkessel auf der Beißelsgrube wird nach Abb. 6 bis 8 in einer Trommeltrockenanlage der Büttnerwerke A.-G., Ürdingen zum Trocknen von Rohkohlen[1]) ausgenutzt. Es ist die erste derartige Anlage im hiesigen Braunkohlenbezirk. Bemerkenswert ist der Einbau der Elektrofilter für die Staubabsonderung und Staubrückgewinnung aus dem abziehenden Wrasen. Anfänglich war eine mechanische Entstaubung vorgesehen. Die Unterbringung der

[1]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) S. 696 und Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 5 (1924) S. 146.

Abb. 4. Entnahme-Gegendrucksteuerung für Brikettfabriken.

A Fester Drehpunkt
a Geschwindigkeitsregler
b, *c* Druckregler
d Frischdampfventil
e Überströmventil
f, *g* Ventile für gedrosselten Frischdampf
h von Hand gesteuertes Abblaseventil
k Sicherheitsventil
l Temperaturregler für Dampfumformer.

Abb. 5. Hochdruck-Steilrohrkessel, einem Niederdruck-Zweiflammrohrkessel vorgebaut.

hierbei notwendigen großen Staubsammelkammern machte die Anlage sehr verwickelt. Die übersichtliche und einfache Anordnung war nur durch Elektrofilter zu erreichen. Die getrockneten Kohlen und der elektrisch gewonnene Staub werden durch Schnecken der Mahlanlage zugeführt. Eine elektrische Staubpumpe fördert den Kohlenstaub durch eine Rohrleitung zu einer besonderen Abteilung des großen Kohlenbunkers.

Bei den vorstehenden Anlagen handelt es sich um Umbauten und Ergänzungsbauten bestehender Brikettfabriken. Bei einer neu zu errichtenden Brikettfabrik können nach Abb. 9 wesentliche Vereinfachungen durch den elektrischen Antrieb der Pressen erzielt werden. Das bei diesem Antrieb an den Pressen verfügbare Wärmegefälle beträgt 65 vH, wenn der thermodynamische Wirkungsgrad der hochwertigen Turbine zu 0,83, des Stromerzeugers zu 0,94, des Elektromotors zu 0,89 und des Seilantriebes zu 0,96 angenommen wird. Der Dampfkolbenantrieb der Pressen ist günstiger, die verfügbare Wärme kann zu 72 vH ausgenutzt werden, wenn die Maschine und die Steuerung in Ordnung sind. Trotz dieser Überlegenheit des Dampfantriebes ist der elektrische Antrieb vorzuziehen, weil die Hochdruckturbine als einfache Gegendruckturbine mit einfacher Steuerung ausgeführt werden kann, das Kondensat und der Trockendampf ölfrei sind, die in einer staubsicheren Kammer aufgestellten Mo-

a Kesselhaus mit vier Büttner-Steilrohrkesseln
b Rauchgaskanal
c Trommeltrockner
d Lüfter
e elektrische Entstaubung
f Förderschnecken
g Mahlanlage
h Staubrohrleitung zum Kohlenbunker

Abb. 6 bis 8.
Anlage zum Trocknen der Rohkohlen mit Kesselabgasen und Mahlen der getrockneten Kohlen.

toren eine gute und einfache Überwachung gestatten und der Kraftbedarf der Pressen genau untersucht und aufgezeichnet werden kann. Die Umlaufzahl der Drehstrom-Asynchronmotoren oder Reihenschlußmotoren von 400 bis 600 Uml./min muß beim Anpressen und Einlegen neuer Formen auf 50 bis 50 Uml./min verringert werden. Wenn die Kesselabgase für die Kohlentrocknung verwandt werden, so wird das Speisewasser durch Anzapfdampf vorgewärmt, wobei der Wärmeinhalt dieses Dampfes der Dampfkraftanlage wieder zugeführt und restlos ausgenutzt wird.

Auf den großen Kraftwerken werden zurzeit die mechanisch angetriebenen großen Roste für Rohbraunkohlen erprobt. Es wurde die erstrebte um 10 vH größere Leistung bei hohem Kohlensäuregehalt erzielt, aber auch festgestellt, daß bei dem stärkeren Schornsteinzug ein Verlust durch Absaugen unverbrannter Feinkohle eintritt. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

Wirtschaftliche Kohlentrocknung und Entstaubung.

Der eigentliche Trockenvorgang findet in letzter Zeit mehr Beachtung. Wissenschaftliche Untersuchungen auf der Grube Hürtherberg führten zu bemerkenswerten Neuerungen und Dampfersparnissen.

Die in den Röhrentrocknern getrocknete Kohle wird zum Nachverdampfen und Nachtrocknen um 3 bis 4 vH Wasser, zur Abkühlung von 90° auf 50 °C und zum Ausgleich von übertrocknetem und untertrocknetem Gut auf langen Schneckenwegen dem Kühlhaus und vom Kühlhaus durch die Bergschnecke den Pressen zugeleitet. Diese Kühlanlagen sind teuer und bedürfen zuverlässiger Wartung, um Betriebstörungen und Explosionen zu verhüten. Die Staubbelästigungen durch die Kühlhäuser sind groß, auch wird der erstrebte Ausgleich vielfach nicht erreicht. Die Innenentstaubung verhindert nicht die Kondensatbildung in den Förderschnecken. Die aus dem heißen Trockengut aufsteigenden Wrasen setzen sich als Wassertropfen an die Schneckendeckel und tropfen auf die Kohle zurück. Im Staubsammelkanal bildet sich statt Staub Schlamm, der weggespült wird und nach genauen Messungen einem Verlust von 1 bis 1,5 vH der Erzeugung entspricht.

Abb. 10 zeigt die Innenentstaubung der Grube H ü r t h e r b e r g nach dem Umbau durch die M a s c h i n e n f a b r i k H a r t m a n n A.-G., Offenbach a. Main. Das Kühlhaus und der Staubsammelkanal wurden ausgeschaltet. Durch einen kräftigen Luftzug mit einem Unterdruck von 100 bis 150 mm W.-S. wird jede Kondensatbildung vermieden und der Staub trocken zurückgewonnen. Um auch den Reststaub nicht als Schlamm zu erhalten, wurde der bisher benutzte Naßabscheider[1]) durch ein Elektrofilter von L u r g i , *n* in Abb. 11, ersetzt.

[1]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) S. 694.

Abb. 9. Neue Dampfverteilung bei elektrischem Antrieb der Pressen.

a Dampfkessel
b Abgase von 350 °C zur Kohlentrocknung
c Kondensat
d Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf
e Gegendruckturbine
f Abgabestrom
g Betriebstrom
h elektrische Pressen
i Trockner.

Abb. 10. Neue Innenentstaubung der Maschinenfabrik Hartmann A.-G. auf Grube Hürtherberg bei Ausschaltung des Kühlhauses.

a Kohlen von den Trocknern
b Trommelsieb
c Bergschnecke
d Preßrumpfschnecke
e Saugleitungen
f Schleuderabscheider
g Gebläse
h Naßabscheider.

Die Luftkühlung erzeugte aber eine Minderleistung der Trockner. Die Nachverdampfung trat nur bei dem Feingut ein, die gröberen Knörpel wurden in der hohen Luftleere nur a b g e s c h r e c k t und behielten im Kern das Wasser. Man war gezwungen, das Brikettgut in den Trocknern auf 16 vH Wassergehalt zu trocknen, während bei Benutzung der Kühlanlage eine Trocknung auf 18 bis 19 vH genügte.

Versuche über die Abhängigkeit des Wassergehaltes von der Korngröße sind in Zahlentafel 1 angegeben. Etwa 82 vH der Proben waren übertrocknet, die restlichen 18 vH wiesen einen zu hohen Wassergehalt auf. Die Knörpel von 5,4 bis 10 mm Korngröße sind also die Wasser- und Wärmeträger, die Schädlinge des Trockengutes und die Ursache für die Bildung von Spaltern.

Die Knörpel werden deshalb vom Feingut im Trommelsieb des Nachwalzwerkes getrennt, Abb. 11 bis 13. Das Feingut wird unter Ausschaltung der Kühlanlage zu den Pressen geleitet. Die in dem Nachwalzwerk gebrochenen, stark dampfenden Knörpel über 5 mm werden mit starkem Unterdruck abgesaugt und in der Ummantelung der vorhandenen Röhrentrockner nachgetrocknet. Die gewalzten und aufgerissenen Knörpel geben bei der zweiten Trocknung ihr überschüssiges Wasser ab, das als Wasserdampf in den Wrasenschlot entweicht und nicht in die Schnecken und Innenentstaubung gelangt. Die Kohlen werden durch eine besondere Schnecke unmittelbar der Bergschnecke und den Pressen zugeführt.

Abb. 11 bis 13. Trennung der Knörpel von Feingut, Zerkleinern und Nachtrocknen der Knörpel, Innenentstaubung mit Elektrofilter bei Ausschaltung des Kühlhauses.

a Röhrentrockner
b Schnecke für Trockenkohle
c Trommelsieb
d Nachwalzwerk
e Abscheider für Knörpel
f Gebläse
g Rückleitung für Knörpel
h Knörpelschnecke
i Bergschnecke
k Saugleitungen
l Schleuderabscheider
m Gebläse
n elektrische Entstaubung

Abb. 16 und 17. Schrägaufzug für 20 t-Großraumwagen

a Weichenstellerhäuschen *b* Mitnehmerwagen *c* durch Lokomotive eingefahrener Vollzug, in der Mulde stehend *d* abwärts gekommener und blockierter Leerzug *e* Fördermaschine *f* Werkstatt.

Zahlentafel 1. Wassergehalt der getrockneten Kohlen bei verschiedener Korngröße (Grubenfeuchte Rohkohle 62,3 vH Wasser, Brikett 18,5 vH Wasser).

Probe	Korngröße mm	Wassergehalt vH	Gewichtsanteil vH	Gewichtsanteil vH
Probe 233 g, entnommen hinter den Röhrentrocknern aus der Bergschnecke.	10	41,8	0,8	18,1
	8	39,2	3,9	
	5,4	27,7	13,4	
	3,3	17,5	12,2	81,9
	0,8	12,5	30,9	
	0,7	11,6	38,8	

Zahlentafel 2. Wassergehalt der getrockneten Kohlen bei verschiedener Korngröße, nachdem die Knörpel abgesiebt, nachgewalzt und nachgetrocknet sind (Grubenfeuchte Rohkohle 62,2 vH Wasser, Brikett 15,4 vH Wasser).

Probe	Korngröße mm	Wassergehalt vH	Gewichtsanteil vH	Gewichtsanteil vH
Probe 244 g, entnommen aus der Bergschnecke.	10	—	—	3,4
	8	30,6	0,5	
	5,4	22,4	2,9	
	3,3	11,9	21,3	96,6
	0,8	9,4	36,9	
	0,7	8,7	38,4	

Eine Probe, die nach Absieben vor dem Walzwerk entnommen wurde, hatte nach Zahlentafel 2 nur noch 3,4 vH Knörpel mit zu hohem Wassergehalt. Messungen ergaben, daß auf der Grube Hürtherberg durchschnittlich 12 vH des Trockengutes von einer Korngröße über 5 mm abgesiebt und nachgetrocknet wurden. Während der Versuchszeit konnten die Röhrentrockner mit einem Gegendruck von 2 at abs statt 2,8 bis 3 at abs beim alten Verfahren betrieben werden. Außer einer guten Entwrasung, einer scharfen Nachtrocknung und einer trockenen Entstaubung wurde eine Wärme- und Dampfersparnis erzielt.

Auch die Roddergrube und Gruhlwerk I errichten zur Zeit neue Anlagen, bei denen unter Ausschaltung einer besonderen Kühlanlage die Schnecken, die die Kohlen von den Trocknern zu den Pressen führen, unmittelbar entwrast werden und der Staub trocken durch Elektrofilter zurückgewonnen wird.

Abb. 14. Wrasendampf, durch Kesseldampf auf Trockendampfspannung gebracht; Dampfdrücke in at abs.

a Dampfkessel
b Gegendruckturbine (Pressen erhalten elektrischen Antrieb)
c Röhrentrockner
d elektrische Entstaubung
e Wärmeaustauscher, Abscheiden der nicht kondensierten Wrasen
f Verdampfer
g Dampfstrahler.

Die elektrischen Wrasenentstaubungen mit ihrem geringen Kraftbedarf von Lurgi, Siemens-Schuckert und Oski haben sich auf den verschiedenen Gruben gut bewährt. Die Ursache mehrerer in letzter Zeit erfolgter Explosionen bei Innenentstaubungen muß aber unbedingt restlos aufgeklärt werden. Bei Innenentstaubungen wird die Staubluft mit einer viel höheren Geschwindigkeit, von 25 bis 35 m/s, abgesaugt. Vor dem Filter muß diese Geschwindigkeit auf 0,8 m/s ermäßigt werden, wobei jede Wirbelbildung und jede gefährliche örtliche Staubansammlung im Filter peinlich vermieden werden muß. Ebenso wichtig ist der absolute Feuchtigkeitsgehalt der Staubluft. Die Wrasen der Trockner haben eine Temperatur von 90 °C, und 1 m³ Wrasen enthält etwa 300 g Wasser. Bei der Innenentstaubung ist die Temperatur erheblich niedriger, etwa 40 °C, und 1 m³ Luft enthält nur 17 g Wasser, also viel mehr Sauerstoff. Es wurde daher in Aussicht genommen, durch Einführung von überhitztem Dampf den Feuchtigkeitsgehalt wesentlich zu erhöhen. Bei 20 000 m³/h Luft wäre ein Dampfzusatz von 4 t erforderlich. In allen Fällen darf der Taupunkt auch beim Anfahren nicht unterschritten werden, da eine Wasserbildung sofort zur Explosion führt. Es sind daher eingehende Versuche erforderlich, die über den zulässigen Staub- und Wassergehalt der ozonreichen Staubluft im Filter bei verschiedenen Temperaturen und über den zweckmäßigen Abstand der Sprühelektroden von den Platten in Abhängigkeit von der Spannung genau Aufschluß geben.

An einer auf der Grube Mariaglück bei Brühl von den Siemens-Schuckertwerken errichteten Anlage wurde eine trockene Rückgewinnung von 98,3 vH

für die Brikettfabriken Ville I und II. Leistung 600 t/h.

Abb. 15. Nachweis der Unwirtschaftlichkeit einer Wrasenverwertung mit Wrasenkompressor (aufgestellt von der AEG).

des im Wrasen enthaltenen Staubes erzielt. Die einfache Anordnung der Elektrofilter hat zu weiteren Verbesserungen und Umbauten Veranlassung gegeben. Das nasse Niederschlagen von Staub, die damit verbundene Schlammbildung und die großen Schwierigkeiten, den Schlamm in teuren Klärteichen abzusetzen oder ihn in besonderen Filteranlagen abzuscheiden, werden durch elektrische Entstaubungsanlagen vorteilhaft vermieden.

Die Brikettfabriken Wachtberg, Hürtherberg und Zukunft liefern täglich 10 bis 20 vH der Brikettmenge, und zwar rd. 70 t, 60 t und 50 t täglich, brennfähigen Staub mit nur 10 bis 12 vH Wassergehalt in Sonderwagen an große Hüttenwerke und chemische Werke. Hürtherberg und Wachtberg haben eine Staubförderanlage mit Luftpumpe der Maschinenfabrik Hartmann A.-G., Offenbach a. Main[1]), Zukunft führt in einer im vorigen Jahre gebauten Anlage den Staub mit durch Wasser gekühlten Schnecken den Verladebunkern zu. Der Staub ist hochwertiges Enderzeugnis und nicht mehr lästiges Zwischenerzeugnis, das, den einzelnen Pressen zugesetzt, vielfach die Bildung von Spaltbriketts verursacht.

Hager & Weidmann A.-G., Bergisch-Gladbach, haben auf der Heinrichshütte in Münsterbusch bei Stolberg eine große Sammelanlage für das Vergasen von stückigen Rohbraunkohlen mit 2080 kcal/kg, 39,4 vH brennbaren Bestandteilen, 57,7 vH Wasser und 2,9 vH Asche zum Beheizen der Zinkreduktionsöfen errichtet. Sechs Gaserzeuger von 2,5 m Dmr. mit Festrost, Teerwolf[2]) und Rückkühlanlagen vergasen täglich 75 t Rohbraunkohlen. Der Heizwert des Gases beträgt 1181 kcal/m³. Zur Zeit werden sechs weitere Gaserzeuger aufgestellt. Der vollständige Ausbau sieht 24 Gaserzeuger vor, in denen 300 t Rohbraunkohle in 24 Stunden für etwa 25 bis 30 Zinkreduktionsöfen vergast werden.

Das Verschwelen der rheinischen Braunkohle ist über einige bemerkenswerte Versuche noch nicht hinausgekommen, eine neue Anlage wird auf der Grube Türnich errichtet.

Wrasenverwertung.

Die erste Wrasenverwertungsanlage mit Wärmeaustauscher, Verdampfer, Niederdruckturbine und Kondensation mit rückgekühltem Wasser für ein Druckgefälle von 0,3 at abs auf 0,02 at abs wird zur Zeit in Mitteldeutschland auf der staatlichen Grube Böhlen für eine Leistung von 3600 PS nach Angaben von Prof. Gensecke errichtet. Der Wrasen entsteigt einer Trockeneinrichtung, die 80 t/h Trockenkohle liefert. Wenn kaltes Wasser von 15 °C für die Kondensation zur Verfügung stände, so würde nach Angabe der Metallurgischen Gesellschaft in Frankfurt a. Main die Turbinenleistung auf 5000 PS steigen. Auch sollen die Anschaffungskosten in mäßigen Grenzen bleiben, weil eine Wrasenverwertungsanlage einschließlich der erforderlichen Bauten 300 ℳ/kW koste, während bei einer gleich großen Hochdruckkraftanlage 600 ℳ/kW aufzuwenden seien. Den Ergebnissen der Böhlener Anlage wird daher große Bedeutung beizumessen sein.

Im rheinischen Gebiet wird die Wrasenwärme bisher noch nicht ausgenutzt. Die großen Abmessungen der Rohrleitungen, der Turbine, der Kondensation und das

[1]) Vergl. „Glückauf" Bd. 59 (1923) S. 487.
[2]) Vergl. „Stahl und Eisen" Bd. 44 (1924), S. 532.

Abb. 18. Abraumförderer der Firma Fried. Krupp A.-G. für 600 m³/h Leistung bei 42 m Ausladung.

Abb. 19. Bagger auf Raupenketten mit um 180° schwenkbarem Abraumförderband.

schwierige Regeln der Turbine gaben zu andern Vorschlägen Veranlassung. Es erscheint aussichtsreich, das Temperaturgefälle des Wrasens von 70 auf 40 °C bei Röhrentrocknern zum Vorwärmen von Luft für Trockenzwecke auszunutzen. Nach Abb. 14 wird hinter den Verdampfer eine Wärmepumpe, und zwar ein Dampfstrahler eingeschaltet, der den Wrasendampf von 0,3 at abs auf 2,5 at abs verdichtet, um ihn unmittelbar als Trockendampf verwerten und so die mit der Kondensation einer Niederdruckturbine verbundenen Verluste im Kühlwasser vermeiden zu lassen. Die Wirtschaftlichkeit ist von dem Kraftverbrauch der Wärmepumpe abhängig.

Das Wärmestrombild, Abb. 15, bringt den Nachweis, daß der Kraftbedarf der bisher bekannten Wärmepumpen so groß ist, daß eine wirtschaftliche Wrasenausnutzung auf diesem Wege ausgeschlossen ist. Der im Kraftwerk der Brikettfabrik mit Hochdruck erzeugte Strom wird ganz zum Antrieb des Wrasenkompressors aufgezehrt. Es wurde sogar eine mit den Kühlwasserverlusten verbundene Hochdruck-Kondensationsturbine mit zwei Anzapfstellen für die Pressen und die Trockner angenommen, weil die Leistung einer einfachen Anzapf-Gegendruckturbine für den Antrieb des elektrisch betriebenen Wrasenkompressors nicht ausreicht.

Neue Konstruktionen im Abbau.

Die Roddergrube A.-G., Brühl, hat für ihre Brikettfabriken Ville I und Ville II vor einigen Monaten an Stelle der bisher benutzten Kettenbahn die erste Großraumförderung mit Schrägaufzug der Maschinenfabrik Buckau A.-G., Magdeburg, Abb. 16 und 17, für eine Leistung von 600 t/h in Betrieb genommen. Der aus vier Selbstentladern von je 20 t Fassungsraum bestehende Vollzug wird mit einer Lokomotive auf ungefähr ebener Strecke vom Bagger bis zum Anfangspunkt der Steigung gefahren. Nach Abkuppeln der Lokomotive setzt sich ein Mitnehmerwagen hinter den Vollzug und schiebt ihn vor sich her, während der Leerzug bei der Abwärtsfahrt dem voranfahrenden zweiten Mitnehmerwagen auf dem geneigten Gleis folgt. Die beiden Mitnehmerwagen hängen an dem Förderseil, das durch die mit Sicherheitsvorrichtungen ausgerüstete, hinter den Entladebunkern auf der Bergstation aufgestellten Fördermaschine angetrieben wird. Die Selbstentlader brauchen also nicht mit den Förderseilen verbunden zu werden. Die Förderstrecke mit einer Steigung von 1 : 7 ist rd. 500 m lang. Ersparnisse an Lokomotiven, Ketten, Wagen und namentlich an Bedienungsmannschaften werden gegenüber den Kettenbahn- oder Lokomotivförderern erzielt. Auch die Rheinische A.-G. für Braunkohlenbergbau und Brikettfabrikation wird eine Großraumförderung für ihre Grube Gruhlwerk errichten.

Auf der Grube Fortuna dieser Gesellschaft wurde vor einigen Monaten ein neuer Abraumförderer der Firma Fried. Krupp A.-G. für eine Leistung von 600 m³/h und eine Ausladung von 42 m, Abb. 18, in Betrieb genommen. Eine Aufnehmereimerkette, die das Abraumgut aus der Vorkippe entnimmt, arbeitet zusammen mit einem rd. 100 m langen Gurtförderband von 1200 mm Breite der Firma Franz Clouth A.-G., Köln-Nippes. Der Abwurfwagen kann selbsttätig oder von Hand verstellt werden. Beim Umlenken des Förderbandes um die mit kleinem Durchmesser ausgeführte obere Rolle des Abwurfwagens wird das Abraumgut aufgebrochen und fällt von dem Band auf die dachförmige Sattelrutsche. Die noch klebenden Reste werden von einem Gummiabstreicher entfernt. Das Band läuft gereinigt über die zweite Rolle, deren Lauffläche durch einen Abstreicher in sauberem Zustand gehalten wird. Die große Reichweite des Auslegers gestattet bei weniger standfestem Boden einen großen Abstand der Gleisanlage von der Böchungskante, damit Abrutschen vermieden wird. Ein Motor von 70 PS treibt die Eimerkette, ein Motor von 50 PS das Band, und ein Motor von 40 PS verschiebt den Abraumförderer, der Dreipunktabstützung und zwei Drehgestelle auf der Leiterseite hat. Auch die neuen Abraumförderer der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft und der Maschinenfabrik Buckau zeigen wesentliche Verbesserungen.

Die Bagger auf Raupenketten mit einem um 180° schwenkbaren Abraumförderband, Abb. 19, die eine vielseitige Verwendung in Braunkohlengruben gefunden haben, können die Kohlen als Hoch- oder Tiefbagger nur dann abräumen, wenn der Kohlenstoß nicht höher als 6 m ist. Bei größerer Mächtigkeit sind Bagger auf fest verlagerten Schienen notwendig. Die Eimerleiter steht in Fahrrichtung, wenn der Bagger als Grabenbagger arbeitet. Wird der Bagger als Hoch- oder Tiefbagger benutzt, so wird die Eimerleiter um 90° gedreht und senkrecht zur Fahrrichtung gestellt. [B 634]

Die maschinellen Einrichtungen der Eisenhüttenwerke.

Von Prof. Hub. Hoff, Aachen.

Die überragende Bedeutung der Eisenindustrie am Niederrhein. Die Beschickungsanlagen der Hochöfen. Lösch- und Verladeeinrichtungen der Koksöfen. Die Reinigung des Hochofengases. Die Lokomotiven und Eisenbahnwagen. Kippvorrichtungen von Roheisenmischern. Die Hebezeuge der Stahl- und Walzwerke. Neuere Kant- und Verschiebeapparate an Walzenstraßen. Stabeisenstraßen mit Schleppwalzenantrieb. Die Kraftanlagen der Hüttenwerke.

Die Eisenhüttenwerke der Rheinlande sind immer an der Eisen- und Stahlerzeugung Deutschlands in erheblichem Maße beteiligt gewesen. Heute ist der Eisenindustriebezirk am Niederrhein der bedeutendste in Deutschland und in Europa. Die Roheisenerzeugung im deutschen Zollgebiet stieg von 2,7 Mill. t im Jahre 1880 auf 19.3 Mill. t im Jahre 1913. Die Rohstahlerzeugung stieg im gleichen Zeitraum von 0,624 Mill. t auf rd. 19 Mill. t. An dieser Erzeugung war Rheinland-Westfalen mit 10,1 Mill. t beteiligt. Im gleichen Jahre erzeugte Großbritannien 7,786 und Frankreich 4,419 Mill. t Rohstahl. Im Jahre 1922 wurden im deutschen Zollgebiet 11,714 Mill. t Rohstahl erzeugt, davon 9,2 in Rheinland-Westfalen. Die Stahlerzeugung im heutigen Deutschland wird für 1924 auf 9 Mill. t geschätzt, wovon rd. 8 Mill. t auf Rheinland-Westfalen entfallen werden. Die maschinellen Einrichtungen unserer Eisenhüttenwerke werden in der überwiegenden Mehrzahl von den zahlreichen Maschinenfabriken des Niederrheinischen Bezirks durchgebildet und erbaut. Unter diesen sind einige bedeutende, die Weltruf genießen und deren Erzeugnisse in allen Industrieländern der Welt von deutscher Ingenieurtätigkeit Zeugnis ablegen.

Die durch die oben angeführten Zahlen gekennzeichnete schnelle Steigerung der Erzeugung veranlaßte nicht nur eine Vergrößerung der Anlagen durch Vermehren der Zahl der metallurgischen Öfen, Einrichtungen, Walzwerke, Hämmer und Maschinen, sondern auch und vielfach in noch erheblicherem Maß ein Vermehren der Leistung der Einheiten. Das wurde beispielsweise bei den Hochöfen erzielt zunächst durch Vergrößern ihres Inhaltes, bis man, zumal für die Ofenhöhe, die praktische Grenze erreichte. Dann ging man dazu über, das sogenannte Hochofenprofil, das heißt die Gestaltung des Ofeninnern zu verbessern, die Windpressungen wurden erhöht, um trotz der gesteigerten Widerstände dem Ofen größere Windmengen zuzuführen. Neue größere Gebläsemaschinen waren die Folge. Die erhöhten Roheisenmengen konnten nur durch vergrößerte Fördergefäße für die Rohstoffe und die Erzeugnisse wirtschaftlich befördert werden. In den Stahlwerken wurden sowohl die Herdöfen als auch die Windfrisch-Birnen im gleichen Sinne mit denselben Auswirkungen entwickelt. Von den Walzwerken gilt das gleiche, und es ist klar, daß die glänzende Entwicklung nur möglich war, wenn die maschinellen Einrichtungen in ihrer Leistungsfähigkeit und Anpassung schnell folgten. Die nachfolgenden Ausführungen sollen einen Überblick geben über diese Entwicklung und zeigen, welche Gesichtspunkte heute für die Durchbildung der wichtigsten maschinellen Einrichtungen auf unsern Hüttenwerken maßgebend sind und welche neuen Aufgaben sich noch täglich ergeben.

Die Beschickanlagen der Hochöfen.

Bis gegen Ende des neunzehnten Jahrhunderts waren die senkrechten, zweitrümigen Hochofenaufzüge vorherrschend, die durch Zwillingsdampfmaschinen und später durch Elektromotoren angetrieben wurden. Sie hatten lediglich die Aufgabe, die von Menschenhand in der Möllerhalle und auf der Gichtbühne zu verschiebenden Wagen vom Hüttenflur auf die Höhe der Gichtbühne zu heben. Ihre Leistung konnte durch Erhöhen ihrer Geschwindigkeit gesteigert werden, das bedingte aber jeweils eine erhebliche Erhöhung der Arbeiterzahl für diese nicht leichte und wegen der unvermeidlichen Sonntagsschichten keineswegs begehrte Arbeit. Das Bestreben, die Wege für die Bedienungsmannschaften zu verkürzen, führte zu den Schrägaufzügen, die die kürzeste Verbindung zwischen Erz- bzw. Kokslager und Gichtverschluß bilden und in Verbindung mit geeigneten Gichtverschlüssen dazu führten, daß Bedienungsmannschaften auf der Gicht fortfielen. Durch Umgestalten der Erz- und Kokslager in Bunker mit zweckentsprechenden Entleereinrichtungen und Einschalten besonderer Zubringerwagen zwischen Bunker und Aufzug entfiel auch die Schar der Erz- und Koksfahrer in der Möllerhalle.

Die Schrägaufzüge können nach Art der Fördergefäße in solche mit Kippkübeln und solche mit Aufsetzkübeln unterschieden werden. Die Schrägaufzüge mit Kippkübeln werden in Amerika bevorzugt, sind aber auch in Deutschland und besonders im Rheinland zur Anwendung gekommen. Abb. 1 zeigt eine bei den Rheinischen Stahlwerken in Duisburg-Meiderich zur Ausführung gekommene Anlage; sie hat sich in langjährigem Betriebe bestens bewährt. Der doppelte Gichtverschluß besteht aus zwei Kegelverschlüssen, den sogenannten Parrytrichtern. Er kann an Einfachheit nicht übertroffen werden. Da der Kippkübel seinen Inhalt dauernd von der gleichen Seite aus in den oberen Trichter entleert, bedarf es besonderer Maßnahmen, um grobstückiges und feinkörniges Erz gleichmäßig niedergehen zu lassen. Das wird hier in einfacher Weise dadurch erreicht, daß sich an den oberen Trichter eine röhrenförmige Verengung mit kleinem Kegelverschluß anschließt, während der untere Teil des Gichtverschlusses sich erweitert und durch einen Kegel verschlossen wird, dessen Durch-

Abb. 1. Schrägaufzuganlage mit Kippkübeln für die Hochofenbeschickung der Rheinischen Stahlwerke in Duisburg-Meiderich.

Abb. 2. Gichtverschluß mit umlaufendem Trichter der Kruppschen Friedrich-Alfred-Hütte, Rheinhausen.

messer entsprechend der oberen Lichtweite des Ofens größer bemessen ist. Die elektrischen Winden zum Heben und Senken der Verschlußkegel sind auf einer Bühne am oberen Ende des Aufzuggerüstes angeordnet. Zur schnellen und leichten Ausführung von Ausbesserungen dient ein in der Obergichtkonstruktion angeordneter Laufkran. Zum Befördern von Erz und Koks zum Förderhund kann ein Laufkran oder ein Zubringerwagen verwendet werden. In ähnlicher Weise sind die Schrägaufzüge der Kruppschen Friedrich-Alfred-Hütte in Rheinhausen ausgeführt. Die Gichtverschlüsse sind jedoch mit umlaufendem Trichter nach Abb. 2 ausgeführt, zu dem Zweck, eine gleichmäßige Verteilung der Beschickung zu sichern. Ähnliche Schrägaufzüge mit Kippkübeln sind auch von der Deutschen Maschinenfabrik in Duisburg zur Ausführung gekommen, unter anderm für die Henrichshütte in Hattingen, die Hasper Eisen- und Stahlwerke in Haspe und Phönix in Hörde.

Die **Aufsetzkübel** bestehen aus einem zylindrischen Oberteil und einem trichterförmigen Unterteil mit Parry-Verschlußkegel, der mit der Aufhängestange fest verbunden ist. Das Greiforgan des Aufzuges erfaßt die Stange am oberen Ende. Wird der Kübel auf den oberen Ring des Gichtverschlusses aufgesetzt, so sinkt der Verschlußkegel mit dem Huborgan und der Inhalt des Kübels entleert sich durch die ringförmige Öffnung gleichmäßig in den Ofen.

Schrägaufzüge für Aufsetzkübel, sogenannte Trichterkübel, wurden zuerst von H. Stähler vorgeschlagen und im Verein mit der Deutschen Maschinenfabrik durchgebildet. Die Deutsche Maschinenfabrik lieferte derartige Aufzüge unter anderm für die August-Thyssen-Hütte, Hamborn, für den Bochumer Verein, Bochum, für das Stahlwerk Becker, Krefeld-Rheinhafen, für das Eisen- und Stahlwerk Hoesch, Dortmund, für Phönix, Ruhrort, Abb. 3, und für Phönix, Hörde.

Die neueste Ausführung zweier nebeneinander liegender **Aufzüge des Hochofenwerks Phönix** in Hörde zeigt Abb. 4. Die überdachten Erzbunker liegen im Abstand von 60 m parallel zur Längsachse der Hochöfen. Sie sind in zwei Reihen in Eisenkonstruktion ausgeführt. Die Erze werden mittels Hochbahn zugeführt, gehen durch eine Brecheranlage und werden durch Verteilerwagen in die Bunkerräume gebracht. Am unteren Ende der Bunker befinden sich Bandverschlüsse, Abb. 18, durch die das Erz in die Erzzubringerwagen, Abb. 5, abgezogen wird. Die in die Kübel einlaufenden Materialmengen werden durch eine auf dem Zubringerwagen angebrachte Gattierungswage einzeln abgewogen. Die Kübel werden während des Füllens mit der darunter angeordneten Drehscheibe in Umdrehung versetzt.

Die Koks werden an der Kokerei unmittelbar in die Begichtungskübel überführt. Diese werden auf Plattformwagen mittels Lokomotive zum Hochofenwerk befördert und durch besondere mit Drehkran ausgerüstete Zubringerwagen dem Schrägaufzug zugeführt, Abb. 4. Die Koksübernahmestelle befindet sich auf der Hüttensohle zwischen Hochöfen und Bunkeranlage. Die Begichtungskatze läuft auf dem Untergurt des Brückenträgers, der die Bunkeranlage rechtwinklig durchschneidet und im unteren Teil oberhalb der Erzzubringergleise wagerecht verläuft. An der Übergangsstelle vom wagerechten zum schrägen Teil befindet sich das portalartig ausgebildete feste Auflager, während am Ende des wagerechten Teils und auf dem Hochofengerüst je eine Pendelstütze angeordnet ist. Im Oberteil der Schrägbrücke verläuft die Katzenbahn in einer Gabelung, wodurch bewirkt wird, daß die Katze eine Kippbewegung vollzieht, hierbei den Kübel auf die Gicht aufsetzt, den Verschlußkegel senkt und den Inhalt in

Abb. 3. Schrägaufzug mit Aufsetzkübeln des Hochofenwerkes Phönix, Ruhrort, gebaut von der Demag.
a Katzenseil *b* Gegengewichtseil *c* Schutznetz.

den Ofen entleert. Beim Einleiten der Kippbewegung braucht weder die Katze anzuhalten noch der Seilzug umgekehrt zu werden. Das Gegengewicht kann im Obergurt der Schrägbrücke laufen oder, wie bei dieser Anlage ausgeführt, in einem senkrechten Turm angeordnet werden.

Das Schutzhaus für die Aufzugwinde und den elektrischen Umformer ruht einerseits auf der Schrägbrücke, anderseits auf einer Verlängerung der erwähnten festen Auflagerstütze. Für die Begichtungskatze sind zwei Hubseile und zwei Trommelgruppen angeordnet. Für die Aufnahme der Katzenhubseile und der Unterseile dient je eine zylindrische Trommel von 2 m Dmr., für die Gegengewichtseile je eine Spiraltrommel von 1,5, 2,5 und 1,3 m Dmr. Die Unterseile sind für den Rücklauf der Katze auf der wagerechten Strecke erforderlich. Sie sind über beweglich gelagerte Rollen geführt, die unter Einwirkung eines Spanngewichtes stehen.

Abb. 4. Zwei nebeneinanderliegende Aufzüge des Hochofenwerks Phönix, Hörde.

Der Seilzug des Katzenseiles wechselt naturgemäß, je nachdem die Katze auf der Schrägbahn, der wagerechten Bahn oder in der Gabelung steht, während der Seilzug der Gegengewichte während des ganzen Hubes gleichbleibt. Ein Ausgleich der Drehmomente ist durch die Spiraltrommeln der Gegengewichtseile geschaffen.

Beide Trommelgruppen sind auf eine gemeinsame Welle aufgekeilt. Die Triebwerke einschließlich Antriebmotoren sind doppelt vorhanden und so angeordnet, daß jeweils nur eines im Betrieb ist. Mittels Motorwählers kann man den einen oder den andern Motor oder beide einschalten. Jedes Triebwerk hat eine Manövrierbremse, die sowohl durch Elektromagneten als auch von Hand betätigt werden kann. Außerdem ist eine Notbremse vorhanden, die selbsttätig durch den Teufenzeiger am Hubende oder durch den Führer willkürlich zum Einfallen gebracht wird.

Alle Steuerapparate sind auf dem Führerstand angebracht. Diesem gegenüber, gut sichtbar, befindet sich der Teufenzeiger, der die Stellungen der Katze anzeigt. Durch Signallampen wird der richtige oder falsche Stand der Zubringerwagen zum Schrägaufzug gezeigt. Ebenso wird angezeigt, ob die Gichtglocke geschlossen oder geöffnet ist.

Zur weiteren Sicherheit ist die Aufzugwinde mit einem Fahrtbegrenzer ausgestattet, einer Steuerwalze, die, von der Winde angetrieben, während des Hubes alle Schaltungen selbsttätig vornimmt und am Hubende die Maschine stillsetzt. Mit dem Fahrtbegrenzer ist ein Fahrtwähler verbunden, durch den die Aufzugwinde auf die drei verschiedenen Zubringergleise eingestellt werden kann. Als weitere Sicherungen sind elektrische Blockierungen eingerichtet. Die Winde wird stillgesetzt, sobald bei Abwärtsfahrt die Gicht nicht geschlossen ist oder ein Zubringerwagen in einer falschen Stellung unter dem Aufzug steht. Für die Zubringerwagen besteht eine Sperrung, die das Fahrwerk des Wagens stillsetzt, wenn dieser sich dem Bereich der Begichtungskatze nähert. Die Rückfahrt des Wagens wird jedoch nicht gehindert.

Die Katze läuft auf zwei Achsen mit Stahlgußrädern. Die Vorderachse ist so angeordnet, daß der Katzenrahmen einen um diesen drehbaren zweiarmigen Hebel bildet. Der Vorderarm ist als Kreissegment gestaltet, von dem sich die Ketten mit dem Greiforgan für die Kübelstange abwickeln. An der mit Gegengewicht versehenen Hinterachse greifen Hub und Unterseil an. Kurz bevor der Kübel auf die Gicht abgesetzt wird, wird er selbsttätig durch einen Deckel abgeschlossen, um ein Entweichen von Hochofengas zu verhindern. Der Kübelinhalt beträgt 12 m³ und faßt 14 t Erz und 5 t Koks. Es können stündlich normal 12 Fahrten, höchstens 16 Fahrten gemacht werden. Die Fahrtgeschwindigkeit der Katze beträgt 90 m/min, die Zugkraft der Winde 7300 kg. Der aus dem Netz entnommene Drehstrom von 3000 V und 50 Per./s wird auf Gleichstrom von 440 V umgeformt, wobei für den Windenmotor Gleichstrom von

Abb. 5. Erzzubringerwagen.

Abb. 6. Hochofenwerk „Vulkan" der Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G.

Sonden angeordnet. Die drei aus dem Gichtverschluß hervorragenden Sondenstangen ruhen auf der Beschickung und zeigen somit durch ihre Höhenlage die Höhe der Beschickung an. Im Windenhaus ist ein kleines Windwerk angeordnet, das selbsttätig eingeschaltet wird, wenn die Begichtungskatze aufwärts fährt und die Sondenstangen soweit anhebt, daß sie aus dem Bereich der abstürzenden Beschickung gelangen. Bei der Abwärtsfahrt der Katze werden die Sondenstangen in gleicher Weise wieder auf die Beschickung gesenkt. Von der Sondenwinde werden Teufenzeiger betätigt, die an verschiedenen Stellen, so im Windenhaus für den Maschinisten und auf der Arbeitsbühne für die Aufsicht, die Höhe der Ofenbeschickung anzeigen. Steigt die Beschickung zu hoch, wird die Stromzuführung zum Hauptwindenmotor unterbrochen, so daß auch bei Unachtsamkeit ein weiterer Begichtungsvorgang unmöglich wird. Mit der Sondenwinde sind Walzenschalter verbunden, durch

440 V für den Anker und von 110 V für die Erregung verwendet werden. Die Steuerung erfolgt nach der Leonardschaltung.

Damit man über die Höhe der Beschickung im Hochofen jederzeit unterrichtet ist, sind an der Gicht selbsttätige

Abb. 7. Lageplan des Hochofenwerkes „Vulkan", Duisburg, der Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G.

a Wagenkipper
b Kohlenturm
c Koksöfen
d Koksschacht
e Kläranlage
f Dampfkessel
g Gasreinigung
h Verladebrücke 1
i „ 2
k Umladestelle
l Kreiselbrecher
m Erzbunker
n Kübelkran
o Tunnel
p Kalkbrecher
q Agglomerieranlage
r Erzschacht
s Gebläsemaschinen
t Roheisenverladekran
u Fahrbare Schleife
v Masselbrecher.

die eine elektrische Aufzeichenvorrichtung betätigt wird, die die Fahrten der Begichtungskatze und den jeweiligen Stand der Ofenfüllung aufzeichnet. Eine Spielzählvorrichtung steht mit dem erwähnten Fahrtbegrenzer und dem Fahrtwähler so in Verbindung, daß sie auf einem Papierstreifen aufschreibt, aus welchem Gleis die einzelnen Kübel aufgenommen wurden, so daß festgestellt werden kann, wann Koks und wann Erz und aus welchem Bunker letzteres gehoben wurde.

Bei alten Hochofenanlagen bietet der Einbau von Schrägaufzügen manchmal unüberwindliche Schwierigkeiten dadurch, daß wichtige Betriebsanlagen zwischen Erzbunkern und Hochöfen vorhanden sind. In diesen Fällen kann eine Beschickung der Hochöfen mittels Laufkatze, die auf einer Hochbahn angeordnet wird, die beste Lösung bedeuten. Solche Anlagen sind in der letzten Zeit mit bestem Erfolg zur Ausführung gekommen. Sie kann so gestaltet werden, daß die elektrisch angetriebene Winde mit Hub- und Fahrwerk ortfest an geeigneter Stelle der Hochbahn steht oder daß Hubwerk und Katzenfahrwerk, wie bei Laufkranen üblich, auf der Katze selbst angeordnet werden.

Eine Ausführung letzterer Art ist in diesem Jahr auf dem Hochofenwerk „Vulkan" in Duisburg (Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G.) in Betrieb gekommen, Abb. 6. Die Fahrbahn hat eine Länge von 210 m, die Höhe vom Hüttenflur bis Oberkante Fahrschiene beträgt 39 m. Die Hauptstützen bilden die Förderschächte, innerhalb deren die Fördergefäße von der Laufkatze hochgezogen werden. Der eine Schacht dient zum Fördern von Koks, der andre zum Fördern der Erze. Auf den überkragenden Enden der Fahrbahnträger ist je ein Schutzhaus für die beiden Laufkatzen angeordnet. Das Hubwerk der Katzen ist für 25 t Gesamtlast durchgebildet. Die Kübel sind als Aufsetzkübel in gleicher Weise gestaltet wie bei den Schrägaufzügen der Phönix. Das Lastgewicht setzt sich bei Erzladung wie folgt zusammen: Kübel 6 t, Deckel 4 t, Erzladung 15 t, zusammen 25 t. Die Koksladung beträgt höchstens 6 t, so daß sich hierbei eine Gesamtlast von 16 t ergibt. Für den elektrischen Antrieb steht Gleichstrom von 220 V Spannung zur Verfügung. Die Schleifleitungen sind seitlich an den Hauptfahrbahnträgern angeordnet. Als Hubmotor dient ein Nebenschlußmotor von 180 PS Dauerleistung, als Fahrmotor ein solcher von 88 PS Dauerleistung. Die Hubgeschwindigkeit beträgt 45 m/min und die Fahrgeschwindigkeit 150 m/min. Zwecks besonderer Sicherung der Kübel ist ein ausschwenkbarer Rahmen angeordnet, der durch ein besonderes Triebwerk mittels eines 6 PS-Motors in 6 s ausgeschwenkt wird. Die eine Katze dient der Koksförderung, die andere der Erzförderung. Zur Zeit versorgt eine Katze zwei Öfen, sowohl mit Erz als auch mit Koks. Bei Störungen an einer Katze kann also niemals ein völliger Stillstand eintreten, ein Umstand, der als besonderer Vorteil dieser Begichtungsart verzeichnet werden kann.

Der Lageplan, Abb. 7, gibt eine Übersicht über die Hochofenanlage mit Stapelplätzen und sämtlichen Einrichtungen zum Entladen und Fördern von Erz und Koks sowohl als auch für die Beförderung und das Verladen des erzeugten Roheisens. Das Werk ist hochwasserfrei unmittelbar am Rheinstrom gelegen. Ein Verladekai von 400 m Länge ermöglicht die Ent- und Beladung der größten Schiffe. Zu diesem Zwecke sind drei Verladebrücken angeordnet. Die Laufkatze ist mit Drehwerk und Ausleger ausgerüstet, so daß zwei nebeneinander liegende Schiffe gleichzeitig entladen werden können. Das mit Selbstgreifer ausgerüstete Hubwerk ist bei zwei Brücken, die zum Entladen der Erzschiffe dienen, für 15 t Nutzlast bemessen, Abb. 8. Die dritte mit 5 t Tragfähigkeit wird zum Entladen von Kohlenschiffen verwendet. Die mit Rohstoffen eintreffenden Eisenbahnwagen werden durch den Wagenkipper entladen. Um den am Hafen liegenden Erzlagerplatz 2 ausnutzen zu können, hat man ihn durch eine Hängebahn mit dem Erzlagerplatz 1 verbunden. Die Hängebahn-Motorlaufkatze hat eine Tragfähigkeit von 10 t. Das Fördergefäß wird an der Umladestelle gefüllt und vermag mit Hilfe der fahrbaren Schleife den ganzen Lagerplatz zu beherrschen.

Das zum Verhütten bestimmte Erz wird in die Erzbunkeranlagen überführt. Großstückiges Erz geht durch den Kreiselbecher, von dem es in faustgroße Stücke zerkleinert wird. Feinerz gelangt zur Agglomerieranlage, in der es nach dem Dwight-Lloyd-Verfahren auf Sintertemperatur erhitzt und in stückigen bzw. körnigen Zustand überführt wird. Aus den großen Erzbunkern wird das Erz in einen Behälter des Möllerkrans abgezogen, indem die verschiedenen Erzsorten und Zuschläge zum vorgeschriebenen Möller zusammengesetzt werden. Von hier gelangt es in einen unter Hüttenflur angeordneten Durchgangs- oder Mischbunker und erst aus diesem in den eigentlichen Begichtungskübel. Die Begichtungskübel stehen zu zweien auf einem Zubringerwagen, der auf einem in einem Tunnel angeordneten Gleise läuft, das unter dem Erzschacht der Hochbahn mündet. Die Begichtungskatze hebt den Kübel vom Zubringerwagen ab bis zur Höchststellung, fährt bis zur Mitte des Hochofens und senkt den Kübel auf den Gichtverschluß herab. Bevor ein voller Kübel vom Zubringerwagen abgehoben wird, wird der leere aufgesetzt, der während des Begichtungsvorganges am Mischbunker neu gefüllt wird.

Die Koks werden von den Koksöfen auf dem kürzesten Wege zum Koksschacht gefördert. Sie werden von der Ausstoßmaschine unmittelbar auf einen Löschwagen geschoben, hier gelöscht und in einen Bunker entleert. Am Fuße dieses Bunkers befindet sich ein Walzenbrecher, der die Koks auf Stückgröße von 120 bis 150 mm Dmr. zerkleinert und einem Rollenrost zuführt, der nur Stücke von mehr als 35 mm Dmr. in den Begichtungskübel fördert. Um die Kokskübel aus der Ladestellung unter dem Brecher in den Bereich der Begichtungskatze zu bringen, ist eine Drehscheibe angeordnet, auf der je drei Kübel auf einer Kreislinie um je 120° versetzt Platz finden können. Während Kübel 1 unter dem Brecher gefüllt wird, steht Kübel 2 mit Koks gefüllt um 120° vorgerückt auf dem halben Wege zum Koksschacht. Kübel 3 ist wiederum 120° voraus und steht genau in der Mitte des Koksschachtes im Bereich der Begichtungskatze. Sobald Kübel 3 leer abgesetzt und Kübel 1 gefüllt ist, wird die Drehscheibe um 120° gedreht. Der gefüllte Kübel 2 wird hierdurch mit dem Stangenkopf in den Kranhaken geführt. Damit die Kübel gleichmäßig gefüllt werden, laufen sie auf Drehtellern um, die in die Drehscheibe eingebaut sind. Die Sondeneinrichtung ist nach den gleichen Gesichtspunkten durchgebildet wie bei den Schrägaufzügen des Hörder Werkes.

Die Bewegungen des Beschickkranes werden ebenfalls durch Selbstschreiber aufgezeichnet, so daß auch hier die Betriebsnachprüfung sichergestellt ist. Katze und Zu-

Abb. 8. Verladebrücke im Hochofenwerk „Vulkan", Duisburg, für 15 t Nutzlast.

Abb. 9 und **10.** Hochofen-Beschickanlage der Duisburger

bringerwagen werden nur nach Signalen gesteuert, die vom Möllerkran aus gegeben werden. Die Bewegungen der Katze sind gegenseitig elektrisch blockiert. Ein Teufenzeiger gibt alle Stellungen an und ein Fahrtbegrenzer leitet die Schaltungen rechtzeitig ein. Es sind alle Sicherungen vorgesehen, wie sie bei den Schrägaufzügen beschrieben wurden. Die Ausführung lag in den Händen der Duisburger Maschinenfabrik Jäger G. m. b. H., Duisburg. Die Eisenkonstruktion wurde von Harkort, Duisburg, geliefert.

Von der Deutschen Maschinenfabrik ist eine ähnliche Anlage für die Duisburger Kupferhütte entworfen worden, Abb. 9 und 10. Der vorläufige Bauplan erstreckt sich auf die Begichtungsanlage für zwei neue Hochöfen mit einem Schachtgerüst, der zugehörigen Bunkeranlage und dem Verbindungstunnel, zwei vorhandene ältere Öfen von geringerer Höhe werden jedoch schon jetzt von der Hochbahn durch Zwischenschaltung von Hilfsbunkern mit den Rohstoffen versehen. Abb. 11 zeigt den ersten Teil der Anlage kurz vor der Vollendung, Abb. 12 die Begichtungskatze nach dem Zusammenbau auf der Hochbahn.

Nach vollständigem Ausbau der Anlage wird sie zur Begichtung von vier in einer Reihe liegenden Hochöfen dienen. Sie besteht dann aus der Hochbahn mit zwei Schachtgerüsten mit Führungen für die Kübel, zwei Begichtungskatzen mit Deckelaufsetzvorrichtung, den in zwei Tunneln verkehrenden Zubringerwagen und den elektrischen Sicherheits- und Signaleinrichtungen.

Der Arbeitsvorgang gestaltet sich wie folgt: Die zur Verhüttung kommenden Kiesabbrände werden von der Agglomerieranlage in Klappkübeln auf Plattformwagen zur Bunkeranlage gebracht, mittels Laufkran über die Bunker gehoben und entleert. Der in Eisenbahnwagen eintreffende Kalkstein und die Koks werden durch einen Drehscheibenkipper in einen Klappkübel von 40 m³ Inhalt überführt und wie das Erz durch den Laufkran in die Bunker gebracht.

Eine weitere Begichtungsanlage mit Laufkatzen hat die Demag für die Gelsenkirchener Hochöfen der Gelsenkirchener Bergwerks-Aktiengesellschaft gebaut; eine Gesamtansicht des Werkes zeigt Abb. 13. Die Windwerke sind in ortfesten Schutzhäusern untergebracht, in denen auch

Abb. 11. Beschickanlage für die Duisburger Kupferhütte, erster Teil der Anlage kurz vor der Vollendung.

Abb. 12. Begichtungskatze auf der Hochbahn für die Beschickanlage der Duisburger Kupferhütte.

a Gießhalle b Kokslager c Erzlager d Kalksteinlager.

Kupferhütte, erbaut von der Demag.

die Steuerapparate und die Bedienung ihren Platz finden. Vorläufig sind fünf Hochöfen zu bedienen, zu denen ein sechster geplant ist. Für je drei Hochöfen ist ein Förderschachtgerüst vorhanden, das Führungen für die Förderkübel und Gegengewichte hat. Die Katzenbahn liegt 49 m über Hüttenflur, ungefähr 14 m über der Gichtbühne. Die Gesamtlänge der Katzenfahrbahn beträgt rd. 237 m. Die Fahrbahnträger tragen in ihrer gesamten Länge eine Kübelfangbrücke. Über den Förderschächten liegen in einem Schutzhaus, 57 m über Hüttenflur, die Aufzugwinden, die von einem besonderen Laufkran für Instandsetzungsarbeiten überragt werden.

Für die Zuführung der Kübel zum Förderschacht dienen Zubringerwagen, Abb. 5, die hier nicht in Tunneln sondern auf besonderen Hochbahnen laufen. Die Zubringerwagen haben nur kurze Wege zurückzulegen. Sie übernehmen die Kübel von Laufkranen, deren Laufbahnen den ganzen Lagerplatz überspannen. Die Aufzugwinden sind je mit zwei Seiltrommeln, einer Hub- und einer Fahrtrommel ausgerüstet, die miteinander gekuppelt werden können. Während der Senkrechtbewegung im Schacht und über den Öfen wird nur die Hubtrommel angetrieben, während die Fahrtrommel steht. Fahrbewegungen können nur in höchster Stellung der Kübel ausgeführt werden. Hierbei sind die beiden Trommeln miteinander gekuppelt und drehen sich in gleicher Richtung. Wird beispielsweise das Hubseil auf- und das Fahrseil abgewickelt, so wird die Katze verfahren. Hub- und Fahrtrommel sind mit je einem Ende des Gegengewichtseiles verbunden. Bei den Senkrechtbewegungen des Kübels bildet die feststehende Fahrtrommel

Abb. 13. Gelsenkirchener Hochofenwerk der Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G. mit Begichtungsanlage von der Demag.

Abb. 14. Hochofenbegichtung durch Hängebahn bei der Dortmunder Union, ausgeführt von J. Pohlig, A.-G., Köln.

Abb. 15. Hochofenbegichtung durch Hängebahn bei der Dillinger-Hütte, ausgeführt von J. Pohlig, A.-G., Köln.

Abb. 16. Hochofenbegichtung durch Hängebahn bei der Dillinger-Hütte.

einen Festpunkt für das Gegengewichtseil. Das Gegengewicht geht also abwärts, wenn der Kübel aufwärts geht und umgekehrt. Beim Fahren bleibt das Gegengewicht in seiner Stellung, weil ein Strang auf- und der andere abgewickelt wird. Der Kübelinhalt beträgt 12 m³, die Kokslast rd. 6 t, die Erzlast rd. 16 t. Bei einer Zugkraft der Aufzugwinde von 5500 kg ergibt sich eine Hubgeschwindigkeit von 60 m/min und eine Fahrgeschwindigkeit von 120 m/min. Bei Begichtung von drei Hochöfen werden 177 Erzfahrten und 177

Abb. 17. Seilbahn für die Hochöfen der Phönix-A.-G.

Koksfahrten in 22 h ausgeführt. Es sei besonders hervorgehoben, daß für jede Winde die Hub- und Fahrseile paarweise vorhanden sind. Die Winden sind mit je zwei Stirnräderantrieben und zwei Motoren ausgerüstet. Der eine Antrieb ist jeweils im Betriebe, während der andere als Aushilfe dient. Die Motoren können dauernd mit je 148 PS und stoßweise mit 350 PS belastet werden. Sie arbeiten mit 600 Uml./min und sind mit Leonardsteuerung ausgerüstet. Der Umformer wird mit Drehstrom von 5000 V und 50 Per./s gespeist. Die Motoren erhalten Gleichstrom von 500 V für den Anker und 250 V für die Erregung.

Die bisher besprochenen maschinellen Einrichtungen zum Beschicken der Hochöfen bedingen meistens erhebliche Umänderungen an den Gichtverschlüssen, am Hochofengerüst, in der Möllerhalle und, wenn ihre Vorteile sich restlos auswirken sollen, die Errichtung kostspieliger Bunkeranlagen. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die Voraussetzungen hierfür, abgesehen von den hohen Anlagekosten, manchmal schon wegen der örtlichen Verhältnisse und der Lage des Werkes nicht gegeben sind. In solchen Fällen ist die Materialförderung zur Hochofengicht mit Erfolg durch Seil- oder Hängebahnen durchgeführt worden. Die Firma J. Pohlig, Akt.-Ges., Köln, hat solche Anlagen unter anderm für die Dortmunder Union, Abb. 14, und die Dillinger Hütte, Abb. 15 und 16, ausgeführt. Bei Hängebahnen kann die Anlage auch mit Motorlaufkatzen durchgebildet werden. Die Änderungen auf der Gicht des Hochofens beschränken sich auf den Einbau der Hängebahn. Die Neuanlagen in der Möllerhalle und an der Koksrampe sind gewöhnlich ohne Betriebseinschränkung durchzuführen. Besondere Vorteile vermögen solche Anlagen zu bieten, wenn die Lagerplätze der Rohstoffe oder die Koksöfen in erheblicher Entfernung von den Hochöfen liegen, die aber durch Seilbahnen in wirtschaftlicher Weise überwunden wurden. Abb. 17 zeigt die Seilbahn für die Hochöfen der „Phönix" in Dortmund.

Die Bunkerverschlüsse haben einen großen Einfluß auf die schnelle und störungsfreie Füllung der Förderkübel. Sie müssen das Abziehen von grobstückigem Erz genau so ermöglichen wie von feinkörnigem, der Vorgang muß in kürzester Zeit ohne Nachhilfe durch die Bedienungsleute und in dem für die Möllerung vorgeschriebenen Gewicht zuverlässig vonstatten gehen. Von den verschiedenen Bauarten soll ein von Pohlig gebildeter Bandverschluß als Beispiel angeführt werden, Abb. 18 und 19. Bei den Erzbunkern des Hochofenwerks der Phönix in Hörde sind 24 solche Verschlüsse verwendet worden, je fünf werden durch einen Elektromotor angetrieben, der auf eine gemeinsame Welle wirkt. Zum Ein- und Ausschalten der einzelnen Verschlüsse dienen Ausrückkupplungen. Die Austrittöffnung für das Fördergut hat 0,4 m Höhe und 1 m Breite. Das Band hat eine Geschwindigkeit von 0,3 m/s, so daß sich eine größte Fördermenge von 432 m³/h ergibt.

Abb. 18 und **19.**
Bandverschluß von Pohlig.

Die Koksofenanlagen.

Die Koksofenanlagen sind neuerdings mit maschinellen Einrichtungen zum Löschen, Sieben und Verladen von Koks ausgerüstet worden. Der wagerechte Koksplatz ist fortgefallen. Längs den Öfen befindet sich nur ein schmaler Laufsteg. Parallel hierzu ist auf normalspurigem Gleis ein Kokslöschwagen angeordnet, der von einer elektrischen Lokomotive verfahren wird. Der Löschwagen, Abb. 20, hat einen mit gußeisernen Platten belegten geneigten Boden. Zum Entleeren dienen seitlich angeordnete Klappen, die durch Druckluftzylinder betätigt und vom Führerstande der Lokomotive aus gesteuert werden. Die Koksausstoßmaschine, Abb. 21, schiebt die glühenden Koks aus dem Ofen in den Löschwagen, der hierbei langsam vorfährt, so daß der Ofeninhalt gleichmäßig im

Abb. 20. Eisen- und Stahlwerk Hoesch, Dortmund, Zechen Essersbuhl, 80 Koppers Regenerativ-Verbundöfen, Lösch- und Verladeeinrichtung.

Abb. 21. Mannesmannröhrenwerke, Zeche Consolidation, 50 Koppers-Verbundöfen, mittlere Kammerbreite 410 mm. Maschinenseite mit Ausstoßmaschine und Kohlenturm.

Abb. 22. Entstaubungsapparat der Lurgi-Apparatebau-Gesellschaft.

a Niederschlagselektroden
b Ausströmerelektroden.

Wagen verteilt wird. Der Wagen fährt dann schnell unter die am Ende der Ofenbatterie angeordnete Löschanlage, und hier findet eine so ausgiebige Berieselung statt, daß das Ablöschen in ungefähr einer Minute beendet ist. Die hierbei entstehenden Schwaden werden durch einen Schlot abgezogen. Die gelöschten Koks werden aus dem Löschwagen auf eine schräge Rampe abgeworfen und von hier auf ein wagerechtes Gurtförderband abgezogen, von dem sie auf ein ansteigendes Förderband zur Kokssieberei gelangen. Solche Anlagen sind von H. Koppers, Essen, u. a. für Eisen- und Stahlwerk Hoesch, die Mannesmann-Röhrenwerke, Abteilung Consolidation, und die August-Thyssen-Hütte in Bruchhausen geliefert worden. An Stelle der Gurtförderanlage kann auch ein Doppelaufzug benutzt werden, der mit Förderschalen — für einen Ofeninhalt ausreichend — versehen ist. Die Koks werden mit dem Löschwagen vor die Förderschale gefahren und rutschen nach Öffnen der Klappen in diese hinein. Hat die Förderschale die Höchststellung erreicht, öffnen sich selbsttätig Verschlußklappen, und die Koks rutschen von dem schrägen Boden der Förderschale auf eine schräge Rampe und nach Öffnen von Staugattern in den Bunker, unter dem sich die Sieberei und die Verladeeinrichtung befindet. Zu den Hochöfen gelangen nur grobstückige Koks.

Die Hochofengas-Reinigung.

Die große wirtschaftliche Bedeutung des Gichtgases als Brennstoff ist allgemein bekannt. Es darf aber an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen werden, daß die ganze Energiewirtschaft der Eisenhüttenwerke sich auf die vollkommene Ausnutzung dieses Nebenerzeugnisses der Hochöfen stützt. Die Entstaubung dieses Gases ist aus betriebs- und wärmetechnischen Gründen geboten. Der grobe und schwere Staub wird in unmittelbarer Nähe der Hochöfen in Staubscheidern zurückbehalten, deren Wirkungsweise darauf beruht, daß man die Geschwindigkeit des Gases bei der Abwärtsbewegung bis zu einem Kleinstwert vermindert, an dieser Stelle die Bewegungsrichtung umkehrt und dann die Geschwindigkeit allmählich bis zu der in den Hauptleitungen zulässigen steigert. Der an der Umkehrstelle der Bewegung ausfallende schwere Staub ist hoch eisenhaltig, er wird in geeigneter Weise durch Klappen oder Schieber abgezogen und in besonderen Fördergefäßen oder durch eine pneumatische Förderanlage zur Brikettier- oder Agglomerieranlage geschafft und wie Feinerze zur Wiederverhüttung in stückigen Zustand überführt. Die weitere Reinigung des Gases kann nach nassem oder trockenem Verfahren durchgeführt werden. Die Naßreinigung geschieht in Schleudergebläsen, Desintegratoren oder ähnlichen Schleuderapparaten unter Wassereinspritzung. Die Trockenreinigung wurde bis vor kurzem nur nach dem Verfahren Halberg-Beth durch Abscheiden des Staubes in baumwollenen Filtersäcken durchgeführt. Bei diesem Verfahren muß die Anlage so gebaut und betrieben werden, daß einerseits der Taupunkt

Zahlentafel 1. Versuche mit einem Elektrofilter für Gichtgasreinigung.
Gasmenge 5000 m³/h.

Zeit	Erste Versuchsreihe				Zweite Versuchsreihe			
	Rohgas-eintritt		Reingas-austritt		Rohgas-eintritt		Reingas-austritt	
	Temperatur °C	Staubgehalt g/m³	Temperatur °C	Staubgehalt g/m³	Temperatur °C	Staubgehalt g/m³	Temperatur °C	Staubgehalt g/m³
1. Tag	126	28,60	96	0,019	104	30,50	90	0,004
2. Tag	108	20,60	82	0,030	92	15,40	85	0,051
	138	22,44	94	0,056	96	17,03	86	0,015
	98	29,70	75	0,027	104	22,05	87	0,001
3. Tag	101	32,45	84	0,011	97	6,10	80	0,001
	103	13,45	89	0,043	102	14,60	93	0,001
	96	13,64	76	0,045	117	28,60	93	0,001
	88	8,05	73	0,009	—	—	—	—

des Gases nicht erreicht wird, andrerseits die Temperatur nicht zu hoch steigt. Wird der Taupunkt innerhalb der Filterkästen erreicht, verschlammt das niedergeschlagene Wasser die Filter. Bei Überschreitung einer gewissen Temperatur werden die Baumwollfasern brüchig und zerreißen. In beiden Fällen hört die Filterwirkung auf.

In den letzten Jahren sind die ersten Versuchsanlagen zur elektrischen Entstaubung des Hochofengases ausgeführt worden, ein Verfahren, das sich in andern Industrien bereits bewährt hat. Über die Grundlagen dieses Verfahrens und seine Anwendungsmöglichkeiten ist schon in dieser Zeitschrift berichtet worden[1]). Das elektrische Entstaubungsverfahren nach Cottrell-Möller wird von der Lurgi-Apparatebau-Gesellschaft in Frankfurt angewandt. In Abb. 22 ist ein stehender Entstaubungsapparat dieser Firma schematisch dargestellt. Der erste Versuch zum Reinigen von Hochofengas durch hochgespannten elektrischen Strom wurde auf den Rheinischen Stahlwerken in Duisburg gemacht, dessen Ergebnis 1923 bekannt wurde[2]). In einer Sitzung des Hochofenausschusses des Vereines deutscher Eisenhüttenleute am 10. Mai 1924 berichtete R. Durrer über eine elektrische Gasreinigung auf den Dillinger Hüttenwerken. Die Anlage ist von der Gesellschaft für elektrische Gasreinigung in Kaiserslautern errichtet worden. Sie ist inzwischen ausgebaut worden und liefert zur Zeit 15 000 m³/h.

Die elektrische Einrichtung der vorerwähnten Versuchsanlage auf den Rheinischen Stahlwerken ist von den Siemens-Schuckert-Werken durchgebildet worden. Diese Gesellschaft hat die Versuche inzwischen auf einem andern Hüttenwerke planmäßig fortgeführt. Sie hat die Gasgeschwindigkeiten im Filter von 1 m/s auf etwa 2,5 m/s gesteigert und die in Zahlentafel 1 angeführten Ergebnisse erzielt. Die Gase sind in einem Zuge gereinigt. Der Staubgehalt im Reingas ist durchschnittlich so gering, daß das Gas für Feuerungsanlagen verwendbar ist. Für Gasmaschinenbetrieb würde eine Nachreinigung in einem zweiten Elektrofilter wünschenswert sein. Aus der zweiten Versuchsreihe ist jedoch ersichtlich, daß unter gewissen Umständen schon bei einmaliger Filterung maschinenreines Gas gewonnen werden kann.

Bei der Durchbildung dieser Anlage ist das Hauptaugenmerk darauf gerichtet worden, das erste Filter so zu gestalten, daß es einen geringen Platzbedarf hat, und es so zwischen Winderhitzer und Hochofen anzuordnen, daß die Eigenwärme des Gichtgases zwecks Erzielung eines hohen pyrometrischen Wirkungsgrades erhalten bleibt. Es wird angestrebt, besonders bei großen Hochofenwerken, für jeden Ofen ein eigenes Elektrofilter aufzustellen. Einzelheiten über diese Filterausführung können zurzeit noch nicht veröffentlicht werden, doch darf als ein wesentlicher Vorteil hervorgehoben werden, daß keinerlei Vorbehandlung (Kühlung) der Gase erforderlich ist, und daß zur Elektrodenreinigung kein Abschalten des Filters und Reinigen mit Gegengasstrom erforderlich ist, vielmehr die Säuberung der Elektroden in ununterbrochenem Betrieb erfolgt.

[1]) Z. Bd. 65 (1921) S. 719.
[2]) „Stahl u. Eisen" Bd. 43 (1923) S. 1467.

(Forts. folgt.)

Kraftmaschinen im Rheinland.

Von Prof. P. Langer, Aachen.

An der weiteren Entwicklung der Nürnberger Großgasmaschine hat die Maschinenfabrik Ehrhardt & Sehmer besonderen Anteil — Spül- und Aufladeverfahren von Thyssen, Ehrhardt & Sehmer und MAN — Möglichkeit weiterer Steigerung der Leistungen — Heutiger Stand der kleineren Verbrennungsmaschinen rheinischer Maschinenfabriken — Dampfturbinenbau der Maschinenfabrik Thyssen — Humboldt-Dampfturbine — Die Stumpfsche Gleichstromdampfmaschine und die Bedeutung der Dampfmaschine in der heutigen Wärme- und Kraftwirtschaft.

Von größter Bedeutung in der Kraftmaschinentechnik der Rheinlande ist die Gasmaschine. Die Ottosche Flugkolbenmaschine, der Ottosche Viertakt mit den in diesen Entwicklungsstufen geschöpften Erkenntnissen, sind Grundlagen, ohne die das heutige Gebäude der Gasmaschinentechnik nicht denkbar wäre. Durch mehrere Jahrzehnte wurde die Gasmaschine ausschließlich mit Leuchtgas betrieben; sie war ein gewerblicher Kleinmotor ohne Bedeutung für Großkrafterzeugung. Nachdem aber in den 80er Jahren der Beweis erbracht worden war, daß auch „arme Gase" krafttechnisch verwertet werden können, stand der Weg für die Entwicklung der Großgasmaschine offen. Ungeheure Gichtgasmengen, die bis dahin nur schlecht oder gar nicht ausgenutzt wurden, kamen nunmehr für den Betrieb von Gasmaschinen in Betracht. Die 600 PS-Oechelhäuser-Junkers-Gasmaschine des Hoerder Vereins (1898), war die erste Großmaschine, die in Deutschland in Betrieb kam. Nach einem Bericht von Lürmann waren im Jahre 1901 bereits Hochofengasmaschinen mit 62 000 PS_e auf dem Festland im Bau und Betrieb, und davon entfielen auf die Luxemburgischen Eisenhüttenwerke allein 7200 PS_e, die teils Cockerill, Seraing, nach dem Entwurf von Delamave-Deboutteville und teils die Gasmotorenfabrik Deutz gebaut hat[1]).

Ein weiterer Wendepunkt in der Entwicklung der Großgasmaschine, der fast geradlinig zur Gegenwart führt, ist die doppeltwirkende Viertakt-Gasmaschine der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Nürnberg, deren Bedeutung Riedler in seinem denkwürdigen Aufsatz „Großgasmaschinen" niedergelegt hat[2]). In inniger Zusammenarbeit der Betriebsingenieure, insbesondre auf den rheinischen Hüttenwerken, mit den Maschinenfabriken, hat die Nürnberger Großgasmaschine ihre Entwicklung zu der heutigen Vollkommenheit gefunden. Die vor etwa 25 Jahren bei ihrem Entwurf aufgestellten und verwirklichten Grundsätze: doppeltwirkender Viertakt, Tandemanordnung, Druckschmierung, freischwebender Kolben, freie Wärmeausdehnung, kein Verziehen der Maschinenachsen durch Wärmeausdehnung im Betrieb, gute Zugänglichkeit der Stopfbüchsen und des Zylinderinnern, weite Kühlräume, hohe Verdichtung, haben sich fast unverändert bis zum heutigen Tag erhalten.

Die den ersten Maschinen zugemuteten Dauerbelastungen mit $p_i = 5$ at erwiesen sich jedoch als zu hoch. Die Konstruktionen waren in manchen Einzelheiten, insbesondre der Zwischenstücke, zu schwach, die Wandungen der Verbrennungsräume nicht frei von wärmestauenden Materialanhäufungen. Mangelhaft beherrschte man ferner die Gemischbildung, eine Schwäche, die lange Zeit hindurch ein wichtiger Vorteil der Zweitaktmaschine im Wettbewerb mit der Viertaktmaschine war. Erst durch die Erkenntnis, daß man beim Viertakt das Mischverhältnis durch starkes Drosseln der Querschnitte beim Eintritt in den Mischraum beherrschen kann, wurde volle Betriebsicherheit und Regelfähigkeit erreicht und die unangenehme „Diagrammstreuung" vermieden.

Die Abneigung gegen das Drosseln hatte man irrtümlich von der Dampfmaschine auf die Gasmaschine mit übernommen, und dieser Fehler hat unnötige Verwicklungen in der Steuerung und in den Regeleinrichtungen, außerdem betriebliche Schwächen der ersten Großgasmaschinen zur Folge gehabt. Einen großen Fortschritt bedeutete die bekannte einfache Steuerung und Regelung von Ehrhardt & Sehmer, die die verwickelte Ausklinksteuerung ablöste und den ziemlich unfruchtbaren Streit wegen der schichtenweisen Lagerung endgültig begrub.

Eine andre innere Krankheit, die sich besonders bei Koksofengasmaschinen auswirkte, war die falsche Bemessung des Verhältnisses der Querschnitte für Gas und für Luft bei den ersten Maschinen. Erst auf Grund der Erkenntnis, daß das Querschnittsverhältnis φ nicht nach dem Mischverhältnis μ, sondern nach

$$\varphi = \mu \sqrt{\frac{\Delta p_L \gamma_g}{\Delta p_g \gamma_L}}$$

auch nach dem Gas- und Luftüberdruckverhältnis und dem Verhältnis der spezifischen Gewichte berechnet werden muß, konnten Mischventile richtig bemessen werden. Damit wurde auch bei Koksofengasmaschinen die gleiche Betriebsicherheit wie bei Hochofengasmaschinen erreicht.

Die vielumstrittene Frage der Zylinderkonstruktion ist im Sinne des dreiteiligen Zylinders nach Ehrhardt & Sehmer entschieden. Die heutigen Riesenzylinder von 1500 mm Dmr. machen schon aus Gründen der Herstellung eine Teilung erforderlich, dazu kommt der Vorteil der Freiheit in der Wahl des Gußeisens für Laufbüchse und Verbrennungsraum, das leichtere Vermeiden von Kernverlagerungen und von Guß- und Wärmespannungen. Auch das ungekühlte Auslaßventil und die richtige Gestaltung der Kolbenmutter sind der Anregung von Ehrhardt & Sehmer zu verdanken[3]).

[1]) Über die Entwicklung der Gasmaschinen von Belang finden sich in der Zeit der Jahrhundertwende insbesondre folgende Aufsätze und Hinweise in dieser Zeitschrift: Lürmann, Verwendung von Hochofengasen zur unmittelbaren Krafterzeugung, Z. Bd. 42 (1898) S. 328; E. Meyer: Die Verwendung der Hochofengichtgase zum Betrieb von Gasmotoren und Versuche darüber an einem 60pferdigen Gichtgasmotor, Z. Bd. 43 (1899) S. 448, 483; Körting: Die Verwendung brennbarer Gase, insbesondere der Hochofengase, zur Krafterzeugung, Z. Bd. 43 (1899) S. 554; F. Meyer: Weitere Fortschritte in der Verwendung von Hochofenkraftgas, Z. Bd. 43 (1899) S. 589; derselbe: Große Gasmaschinen, Z. Bd. 44 (1900) S. 297, 329; Münzel: Große Gasmotoren in modernen Kraftbetrieben, Z. Bd. 44 (1900) S. 401; derselbe: Größere durch Hochofengase betriebene Gasmotoren, Z. Bd. 44 (1900) S. 856; Osann: Die Verwendung der Hochofengase zu motorischen Zwecken, Z. Bd. 44 (1900) S. 886; Köhler: Über Gasmotoren, insbesondere Hochofengasmotoren, Z. Bd. 44 (1900) S. 1218; Lürmann: Weitere Fortschritte in der Verwendung der Hochofengase zur unmittelbaren Krafterzeugung, Z. Bd. 45 (1901) S. 530; Schöttler: Neuere englische und amerikanische Versuche an Gasmaschinen, Z. Bd. 46 (1902) S. 89.

[2]) Z. Bd. 49 (1905) S. 273

[3]) R. Drawe: Konstruktive Einzelheiten an doppeltwirkenden Viertaktmaschinen, Z. Bd. 54 (1910) S. 260 und 802.

Abb. 1. Schema des Semmler-Heißkühlverfahrens.

Abb. 2. Temperatur-Entropie-Diagramm des Semmler-Heißkühlverfahrens.

Fläche $A'ABB'$: Im Kühlraum von 1 kg Umlaufkühlwasser aufgenommene Wärme.
Fläche $A'ADCC' = A'ABB'$ [Drosselung von Zustand B nach Zustand C (i konst.)].
Fläche $FDCH$: Thermodynamisch ausnutzbare Wärme in 1 kg Umlaufkühlwasser.

Die heutige Weiterentwicklung der Großgasmaschinen verfolgt hauptsächlich folgende Ziele: bessere thermische Ausnutzung, Verbilligung der Maschine durch Erhöhung der mittleren Arbeitsdrücke und Vergrößerung der Einzelleistungen.

Auf dem unmittelbaren Weg ist eine wesentliche Verbesserung der thermischen Ausnutzung nicht zu erwarten. Sehr viel hat man jedoch schon durch Verwertung der Abwärme erreicht. Die Auspuffwärme allein bringt in Abgasdampfkesseln auf je 1 kWh einen Gewinn von etwa 1,25 kg Hochdruckdampf, der in den Dampfturbinen ausgenutzt, rd. 0,21 kWh leistet und somit die Leistung der Gaskraftanlage bei gleichem Wärmeaufwand um 21 vH erhöht. Durch das Semmler-Heißkühlverfahren gelingt es, auch die Zylinder-Kühlwasserwärme in Dampfform überzuführen und dadurch für Kraftzwecke auszunutzen.

Die Wirkungsweise des Verfahrens geht aus Abb. 1 und 2 hervor. Das Kühlwasser wird unter Druck gesetzt, damit es in den Kühlräumen nicht verdampft. Erst beim gedrosselten Eintritt in den Dampfsammler verdampft das überhitzte Wasser teilweise. Die Maschinenfabrik Thyssen betreibt in ihren Werken in Mülheim-Ruhr eine Gasmaschine mit Siedekühlung, bei der das Kühlwasser unter atmosphärischem Druck teilweise schon in den Kühlräumen verdampft. Durch entsprechende Gestaltung der Kühlräume erreicht man auch ohne Umlaufpumpe einen kräftigen Thermo-Syphon-Wasserumlauf und vermeidet, daß sich Dampfblasen an den zu kühlenden Wänden ansetzen. Auf dem Wege über die Abwärmeverwertung gelang es, etwa ein Drittel des Wärmeaufwandes in elektrische Energie umzusetzen, eine Errungenschaft, die von der Kondensations-Dampfkraftanlage jetzt und in Zukunft nicht überboten werden kann.

Abb. 3. Spül- und Ladeverfahren von Ehrhardt & Sehmer mit Luft- und Gasüberdruck.

Abb. 5. Spül- und Ladeverfahren ohne Überdruck des Gases.

Abb. 4. Steuerung von Ehrhardt & Sehmer für Viertakt-Gasmaschinen mit Spülung und Aufladung durch Druckluft.

Der langjährige Kampf zwischen Großgasmaschine und Dampfturbine schien in Deutschland zu Gunsten der Gasmaschine entschieden zu sein, deren höhere Anlage- und Wartungskosten durch die bessere Wärmeausnutzung ausgeglichen wurde. Die Verbilligung der Dampfturbine und die Verbesserung ihres Dampfverbrauchs hat aber zu einer Nachprüfung der Wirtschaftlichkeitsberechnungen geführt und den Anstoß dazu gegeben, durch Erhöhung der mittleren Arbeitsdrücke die spezifische Leistung zu erhöhen und so die Anlagekosten der Gasmaschine zu vermindern. Bei den ersten Maschinen hatte man den mittleren indizierten Druck von 5 auf 4,5 at herabgesetzt. Heute geht das Streben wieder dahin, den mittleren Druck durch das Spül- und Aufladeverfahren zu steigern. Geht man von der Leistung der Gasmaschine

$$N_e = V_H \times \eta_l \times H_g \times \eta_{\text{ges}} \times \frac{A}{75}$$

(V_H = sekundliches Saughubvolumen, η_l = Liefergrad, H_g = Gemengeheizwert, η_{ges} = Gesamtwirkungsgrad) aus, so sieht man, daß eine gesteigerte Leistung bei gegebenen Werten von V_H und η_{ges} nur möglich ist, wenn man H_g oder η_l steigert. Den Gemengeheizwert kann man nicht erhöhen; denn die bisherige Entwicklung hat gezeigt, daß aus betriebstechnischen Gründen mit schwachen Gemischen gearbeitet werden muß. Es bleibt daher als steigerungsfähig nur der Liefergrad.

Der Gedanke der Spülung von Gasmaschinen ist nichts neues. Bekannt ist die Premier-Maschine, bei der die Spülluft durch einen dem Arbeitskolben vorgebauten Stufenkolben erzeugt wurde, und das Verfahren von Atkinson, den Auspuffstoß für die Spülung auszunutzen. Die Spülung hat mannigfache Vorteile. Außer der höheren Leistung erreicht man durch das Hinausfegen der Abgase eine niedrigere Temperatur der Ladung. Damit wird der Temperaturbereich herabgesetzt, in dem sich der Arbeitsvorgang abspielt. Man könnte infolgedessen die Verdichtung erhöhen, doch hat die Befürchtung, daß durch die heftigere Zündung des durch Abgase nicht verunreinigten Gemenges zu hohe Explosionsdrücke entstehen könnten, im Gegenteil dazu geführt, die Verdichtungsdrücke herabzusetzen.

Anscheinend ist man hierbei etwas zu ängstlich vorgegangen. Versuche von einzelnen Firmen zeigen, daß in der Tat bei Spülung der Zylinder die Kühlwasserwärme nicht nur verhältnismäßig, sondern auch im ganzen abnimmt, daß also die Wandungen kälter bleiben. Es fehlt aber noch an einer planmäßigen Erforschung der Verbrennungsvorgänge bei gespülten Viertakt-Großmaschinen und der aerodynamischen Vorgänge bei der Spülung. Die Zweitakt-Großdieselmaschine hat man in den letzten Jahren durch planmäßige Erfor-

schung der Spülluftströmungen im Zylinder mächtig gefördert. Ähnliche Untersuchungen bei den Viertaktmaschinen fehlen.

Während die Spülung nicht nur einen volumetrischen Gewinn, sondern auch verbrennungstechnische und betriebstechnische Vorteile bringt, hat die Aufladung lediglich den Zweck, die Leistung ohne Verminderung des Luftüberschusses zu erhöhen.

Abb. 6. Spül- und Ladeverfahren mit verlängertem Spülluftzutritt.

Spülung und Ladung bei Viertakt-Großgasmaschinen.

Die Anfänge des Spül- und Ladebetriebes bei den heutigen Viertakt-Großgasmaschinen reichen in das Jahr 1909 zurück, als Ehrhardt & Sehmer das Gas und auch die Luft durch Turbogebläse unter einen Überdruck von etwa 0,25 at setzten. Unter Beibehaltung der bekannten Mischkammern brauchte man nur die Eröffnungszeiten des Ein- und Auslaßventiles zu verlängern, um so auf einfachste Weise ein Spül- und Aufladeverfahren zu verwirklichen, Abb. 3. Das Unterdrucksetzen des Gases erwies sich im Betrieb jedoch als untunlich, und man mußte daher dazu übergehen, nur die Luft unter Druck zu setzen und das Gas bei stark gedrosselter Luft durch den normalen Ansaugevorgang in die Maschine einzuführen.

Die einfache Mischkammer wurde beibehalten und nur durch einen Luftschieber auf der Ventilspindel ergänzt, Abb. 4. Vor Schluß des Auslaßventils öffnet das Einlaßventil, durch den Druckluftkanal strömt Druckluft in den Zylinder und fegt den Verdichtungsraum von Verbrennungsrückständen rein. Inzwischen hat jedoch der Druckluftschieber den Druckluftkanal so weit abgeschlossen, daß ein Gemisch mit Gasüberschuß angesogen wird.

Das Gasventil schließt unmittelbar hinter dem Totpunkt. Der Druckluftkanal wird dann wieder voll geöffnet, und es strömt Druckluft in den Zylinder ein, bis das Einlaßventil schließt. Der Mischraum bleibt bis zu Beginn des nächsten Ventilspiels mit Druckluft gefüllt. Abb. 5 zeigt das Diagramm dieser Steuerung.

Auf Grund der Erkenntnis, daß die übliche Spülung während der Hubumkehr aus Zeitmangel nicht vollkommen sein kann, beginnt die Spülung bei den neuen Ausführungen von Ehrhardt & Sehmer schon kurz nach dem Druckausgleich im Zylinder, so daß die Spülluft fast während des ganzen Auspuffhubes eintreten kann, s. Abb. 6. Das bezweckt hauptsächlich eine Kühlung der Zylinderwandungen von innen her. Abb. 7 zeigt die Mischkammer mit dem doppelsitzigen Gasventil und dem Luftschieber.

Während sonst beim Spül- und Aufladeverfahren Turbogebläse für die Erzeugung der Druckluft verwendet werden, wird bei den Maschinen von Ehrhardt & Sehmer eine Kolbenladepumpe am hinteren Maschinenende angeordnet. Der Spülpumpenkolben liegt auf dem hinteren Ende der Gasmaschinenkolbenstange frei auf, und der hintere gleitende Tragschuh wird durch ein Kolbenstangenlager ersetzt. Die Stopfbüchse wird dadurch zugänglich, daß der Spülpumpen-

Abb. 8. Dreikanalanordnung von Thyssen für Viertaktgasmaschinen mit Aufladung.

Abb. 7. Mischkammer mit doppelsitzigem Gasventil und Luftschieber nach Erhardt & Sehmer, Hub im Totpunkt am Ende des Saughubes.

Abb. 9 und 10. Selbsttätige Sicherung gegen Ausbleiben der Spülluft.
Umschaltventil *r* Sicherheitsregler *s* Hilfsventil.

zylinder mit dem Kolbenstangenlager leicht nach hinten herausgezogen werden kann. Ohne Zweifel hat diese Art der Drucklufterzeugung große Vorteile; abgesehen vom Kraftgewinn, spart man die Sicherheitsmaßnahmen, die bei der zentralen Drucklufterzeugung notwendig sind.

Die Maschinenfabrik Thyssen hat die Steuerorgane für den Betrieb mit Spülung und Ladung nach dem sogenannten Dreikanalsystem entwickelt, bei dem je ein Kanal für Gas, Mischluft und Druckluft vorhanden ist. Die Steuerung erfolgt durch Ventile oder Schieber, die auf der Spindel des Einlaßventils starr befestigt sind, s. Abb. 8.

Bei geschlossenem Einlaßventil steht der Druckluftkanal offen, er wird etwa im Totpunkt geschlossen; gleichzeitig beginnen sich der Mischluft- und der Gasschieber zu öffnen. Der Regler wirkt auf die Gas-, Mischluft- und Spülluft-Drosselklappe derart, daß bei kleiner Belastung zunächst die Druckluft vollständig abgesperrt wird, und die Maschine ohne Spülung und Ladung arbeitet. Besondre Sorgfalt verwendet die Maschinenfabrik Thyssen auf selbsttätige Sicherung gegen alle Betriebsgefahren, die sich aus dem Spülen und Aufladen mit zentral erzeugter Druckluft ergeben können. So wird beim Ausbleiben des Spülluftdruckes durch ein Umschaltventil, Abb. 9 und 10, die Druckluftleitung abgeschlossen und der Druckluftraum vor der Maschine mit dem Mischluftraum in Verbindung gesetzt. Sonst bestände die Gefahr, daß beim Beginn des Verdichtungshubes brennbares Gemenge in die Druckluftleitung eingeschoben und beim frühen Öffnen des Einlaßventils durch die heißen Auspuffgase zur Explosion gebracht wird.

Abb. 11. Spül- und Aufladesteuerung der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg.

Eine andre Gefahr entsteht bei unerwartetem Stehenbleiben der Maschine durch Überströmen von Druckluft in die Gasleitung. Diese Gefahr wird dadurch beseitigt, daß ein Sicherheitsregler *r* unter Vermittelung eines Hilfsventils *s* das gleiche Umschaltventil *f* abschließt und damit wie früher den Druckluftraum vor der Maschine mit dem Mischluftraum verbindet.

Auch die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg hat eine Dreikanalsteuerung für den Spül- und Aufladebetrieb gewählt. Ihre bekannte Füllungsregelung, bei der der Hub des Haupteinlaßventils und damit auch des auf der Spindel des Einlaßventils befestigten Gasventils und des Luftschiebers vom Regler verstellt wird, macht eine besondere Steuerung des Druckluftschiebers erforderlich; sonst wird bei verkleinertem Ventilhub die Spül- und Aufladeperiode so weit verlängert, daß schließlich der Druckluftschieber überhaupt nicht mehr schließt.

Nach Abb. 11 erhält daher der Druckluftschieber einen besonderen von der unteren Wälzbank abgeleiteten Antrieb. Der Regler verdreht das exzentrische Lager des unteren Wälzhebels und rückt damit den Druckluftschieber soweit nach unten, daß er sich bei kleineren Belastungen weniger öffnet und die Maschine schließlich ohne Spülung und Aufladung weiterarbeitet, s. Abb. 12 und 13.

Im wesentlichen das Gleiche, jedoch mit erheblich vereinfachten Mitteln, erreicht die MAN mit ihrer neuesten Bauart, Abb. 14, wobei der Druckluftschieber tellerartig ausgestaltet und wieder mit der Einlaßventilspindel starr verbunden ist; der Regler rückt jetzt die Schieberbüchse nach oben und verkleinert dadurch die bei geschlossenem Ventil freie Druckluftöffnung bis zum vollkommenen Abschluß bei kleinen Belastungen. Die Belastung der Ventilspindel durch den Druck der Luft auf den Tellerschieber wird durch einen besondern Druckluftkolben ausgeglichen, der bei den MAN-Maschinen die Ventilfeder ersetzt.

Der gewaltig steigende Bedarf an elektrischer Energie und das Bestreben, die Kosten für Wartung herabzusetzen, drängt nach Vergrößerung der Einzelleistungen. Die heutigen Riesenzwillingsmaschinen von 1500 mm Zyl.-Dmr. und 1500 mm Hub bei 94 Uml./min haben mit Spül- und Aufladebetrieb bei $p_i = 5,5$ at eine Nennleistung von etwa 6500 kW. Sie können als Abschluß in dieser Richtung kaum angesehen

Abb. 12 und 13. Diagramme der Spül- und Aufladesteuerung der MAN.

Abb. 15. Schwungradarbeit in Abhängigkeit vom Massendruck bei einem bestimmten Ungleichförmigkeitsgrad.

werden. Wollte man die Kolbengeschwindigkeiten über das heutige Maß von 7,25 m/s erhöhen, so würde der Verschleiß der Kolbenringe und der Zylinderbüchsen zu groß werden. Außerdem hat man mit den Beschleunigungsdrücken der wagerecht schwingenden Triebwerksmassen den für den Gleichgang der Maschine günstigsten Wert von etwa 11 kg/cm² schon erheblich überschritten, s. Abb. 15. Bei den heutigen Riesenmaschinen liegt diese Schwungradarbeit etwa 30 vH über dem Mindestmaß. Diese Erwägungen leiten nach der kurzhubigen Maschine hin, bei der man mit Verkleinerung des Hubes geringere spezifische Triebwerkmassen und mit größeren Zylindern erhöhte Drehzahlen verbinden, also eine beträchtliche Steigerung des sekundlichen Saughubvolumens und somit der Einheitsleistung erreichen kann.

Ob man beim Vergrößern des Zylinderdurchmessers und Erhöhen der Drehzahl mit Rücksicht auf Verkürzung der Verbrennungswege und Vervollkommnung der Spülung die heutige Zylinderform mit oben und unten liegenden Ventilen beibehalten kann, wird man besonders prüfen müssen. Anscheinend wäre es vorteilhaft, die Ventile seitlich anzuordnen und den Verbrennungsraum taschenförmig auszubilden. Auch die Frage, ob Stirn- oder gekröpfte Kurbel, wird erneut zu prüfen sein; denn die nur zweimal gelagerte Stirnkurbelwelle hat den großen Vorzug, daß auch Zwillings-Tandemmaschinen ungleichen Fundamentsenkungen gewachsen sind und daß man die Eisenmassen, die bei der vierfach gelagerten Stirnkurbelwelle im Fundament verschwinden, vielleicht mit mehr Aussicht auf Erfolg zum Rahmen schlagen kann, um den größeren Beanspruchungen des Stirnkurbelrahmens Rechnung zu tragen.

Im Bau von

kleineren Verbrennungsmaschinen,

für Gas und für flüssige Brennstoffe haben rheinische Maschinenfabriken, seitdem es Verbrennungsmaschinen gibt, ausgezeichnete Ingenieurarbeit geleistet, wie die Namen Deutz und Benz verbürgen. Die bekannte Rumpfmaschine der Motorenfabrik Deutz[1]) verkörpert vorbildliche fabrikatorische Gestaltung. Bei Gasmaschinen herrscht seit jeher in Deutschland die liegende Bauart vor. Dieser Bauart folgend hat Deutz auch liegende Dieselmaschinen mit Drucklufteinspritzung und offener Düse sowie für kompressorlosen Betrieb mit Verdränger ausgebildet.

Die Weiterentwicklung der kompressorlosen Dieselmaschine drängte jedoch nach der stehenden Bauart hin. Der geringere Raumbedarf, die Druckumlaufschmierung im geschlossenen Kastengestell, die Ventilanordnung im Zylinderkopf der stehenden Maschine mit der günstigen Anpassung des Verbrennungsraumes an den Brennstoffstrahl, die leichte Anpassung der Maschine an den Schiffsbetrieb usw. sind Gründe, die die stehende Bauart verlangen. Dem Rumpfgedanken getreu, mußte nun auch die Gasmaschine der stehenden Bauart folgen, Abb. 16 bis 19.

Grundplatte, Gestell, Zylinder, Zylinderkopf und Triebwerk stimmen bei Gasmaschine und Dieselmaschine überein, und erst durch Anbringung der Mischkammer und der

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S. 773.

Abb. 14. Neue Einlaßsteuerung der MAN für Spül- und Aufladebetrieb.

Abb. 16 und 17. Deutz-Motor für Gas- und Ölbetrieb (Ausführung für Gas).

a Anlaßhebel
b Zündmagnet
c Räderkasten
d Anlaßmagnet
e Sicherheitsventil
f Boschöler
g Gemischleitung
h Gemischregelschieber
i Gasregelschieber
k Gemischventil
l Lufthanddrossel
m Luftsaugkorb
n Regelstange
o Kurbelkastenentlüftung
p Gasschalthahn
q Gaszuleitung
r Gasdurchblaseleitung.

Zündeinrichtung oder der Einspritzdüse und der Brennstoffpumpe entsteht aus dem Rumpf eine Gas- oder eine Dieselmaschine.

Während die Motorenfabrik Deutz und ihr Schwesterwerk in Oberursel je nach Größe und Verwendung die Maschinen für flüssige Brennstoffe mit unmittelbarer Einspritzung in den Verbrennungsraum oder nach dem Vorkammerverfahren bauen, haben sich die Motorenwerke Mannheim (vorm. Benz) für Maschinen mit Vorkammerverbrennung entschieden[1]), die sie neben Kompressordieselmaschinen[2]) reihenmäßig herstellen. Auch die Firma Gebr. Sulzer A.-G. in Ludwigshafen baut außer der bekannten bis zum höchsten Grad der Vollkommenheit ausgebildeten einfach wirkenden Zweitakt-Großdieselmaschine mit Luftspritzung kleinere Maschinen nach dem Vorkammerverfahren[3]). Groß ist der Anteil der rheinischen Maschinenfabriken an der Vervollkommnung der Dieselmaschine und insbesondre ihrer kompressorlosen Abkömmlinge. Am besten wird der Fortschritt durch die Tatsache gekennzeichnet, daß die alte Glühkopfmaschine im Aussterben begriffen ist und durch den betriebstechnisch und wärmetechnisch überlegenen kompressorlosen Dieselmotor ersetzt wurde.

[1]) DRP Nr. 230 517 und 397 142.
[2]) Z. Bd. 67 (1923) S. 1010.
[3]) Z. Bd. 67 (1923) S. 778.

Dampfturbinen.

Im Dampfturbinenbau des Rheinlands hat sich die Maschinenfabrik Thyssen in verhältnismäßig kurzer Zeit zu führender Bedeutung emporgeschwungen. 1916 wurde ihre erste 3000 kW-Turbine in Betrieb genommen, ein Jahr später die erste 6000 kW-Turbine und 1919 waren bereits vier 12 000 kW-Turbinen im Betrieb.

Kennzeichen der neuen Bauart der Thyssen-Röder-Dampfturbine sind die Niederdruck-Radscheiben, die ohne Mittenbohrung durch Schraubenbolzen und Zentrierung mit der Trommel verbunden sind, Abb. 20. Durch Verlegung

Abb. 18 und 19. Deutzmotor *V M* für Gas- und Ölbetrieb, Ausführung für Öl.

a Anlaßhebel
b Brennstoffpumpe
c Luftsaugkorb
d Boschöler
e Gashahn zu
f Lufthanddrossel auf
h Regelgestänge ausgerückt
i Brennstoffpumpe.

der letzten Niederdruckstufen von der Trommel auf eine Scheibe mit höchster Umfangsgeschwindigkeit wird der Dampfdurchgangsquerschnitt und damit die Grenzleistung für eine gegebene Umlaufzahl bei verhältnismäßig geringer Schaufellänge wesentlich erhöht. Auf diesem Wege haben Thyssen-Röder eine Grenzleistung von 22 500 kW bei 3000 Uml./min erreicht. Durch Vorschalten eines Hochdruckgehäuses soll sie auf 30 000 kW bei 3000 Uml./min gebracht werden.

Im Maiheft 1923 der Mitteilungen der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Mannheim[1]), berichtet Noack über die Pionierarbeit der Firma Brown, Boveri & Co. auf dem Gebiete der Höchstdruckdampfturbinen und weist u. a. darauf hin, daß man die Grenzleistung der Dampfturbinen durch das bekannte Anzapfen von Dampf für die Speisewasservorwärmung noch weiter steigern kann. Dadurch, daß die durch die Turbine hindurchströmende Dampfmenge nach und nach um die angezapften Dampfmengen verringert wird, erreicht man, daß im Hochdruckteil mehr Dampf, im Niederdruckteil dagegen weniger Dampf arbeitet und ein Ausgleich der Dampfmenge geschaffen wird, der nicht nur für den Niederdruckteil, sondern auch für den Hochdruckteil erwünscht ist.

Abb. 20. Dampfturbine, Bauart Thyssen-Röder; 22 500 kW, 3000 Uml./min.

Die Maschinenbauanstalt Humboldt, die als eine der ersten rheinischen Maschinenfabriken den Dampfturbinenbau aufgenommen hat, baut Dampfturbinen von kleinerer Leistung für den Antrieb von Kesselspeise-Turbopumpen und für Gegendruck- und Zwischendampfentnahme-Betrieb für verschiedene Zwecke, die sich aus der Kupplung von Wärme- und Kraftwirtschaft ergeben. Abb. 21 zeigt eine solche Turbine einfachster, einstufiger Bauart mit Umkehrschaufeln und fliegend angeordnetem Laufrad für einen Eintrittsdampfdruck bis zu 35 at und 5 at Gegendruck, Abb. 22 und 23 zeigen eine vereinigte Anzapf- und Kondensationsturbine für 15 at Eintritts-, 5 at Entnahmedampfdruck und 95 vH Luftleere.

Abb. 21. Einstufige Humboldt-Dampfturbine.

Die Gestaltung der

Dampfmaschine

hat in den letzten Jahrzehnten die dem Rheinländer Prof. J. Stumpf zu verdankende Einführung der Gleichstromwirkung neu belebt. Besonderes bemerkenswert ist die von Ehrhardt & Sehmer gebaute Riesen-Gleichstromdampfmaschine (1700 mm Zyl./Dmr., 1400 mm Hub, Höchstdrehzahl 130 Uml./min), die Th. Ehrhardt im Juniheft 1913 des Moselbezirksvereines deutscher Ingenieure beschrieben hat. Sein Vergleich zwischen der Tandem-Verbundmaschine und der Gleichstromdampfmaschine beweist die

[1]) s. a. Z. Bd. 67 (1923) S. 1153.

Abb. 22 und 23. Vereinigte Anzapf- und Kondensations-Dampfturbine der Maschinenfabrik Humboldt.

Abb. 24. Öldruckregler von Gebr. Sulzer A.-G.

a Kolbenstange des Servomotors *b* Schlitz im Kolben *c* Ölzuleitung vom Hochbehälter *d* Dampfdruckempfänger *e* Anschluß an die Gegendruckdampfleitung *f* Kondensat, darüber Öl *g* Ölableitung *h* federbelasteter Kolben *i* Öldrosselschieber.

Einfachheit der letzteren und bringt in Erinnerung, daß auch Prof. R. H. Thurston 1899 in seinem denkwürdigen Vortrag „The steam engine at the end of the nineteenth century" eine Vereinfachung der Dampfmaschine vorausgesagt hat.

In den letzten Jahren hat sich die Dampfmaschine fast ausschließlich in den Dienst der gekuppelten Wärme- und Kraftwirtschaft gestellt. Die dadurch bedingte Abkehr vom reinen Kondensationsbetrieb hat die Bedeutung der Gleichstromdampfmaschine in Deutschland stark eingeschränkt. Die vorhandenen Möglichkeiten, die Gleichstromdampfmaschine dem wechselnden Gegendruck anzupassen, zusätzliche schädliche Räume oder Hilfsauspuffventile, haben in Deutschland wenig Anklang gefunden. Anders liegen die Verhältnisse in Amerika, wo man die Einfachheit und leichte Einordnung der Gleichstromdampfmaschine in die Reihenherstellung als großen Vorteil einschätzt.

Eine wesentliche betriebstechnische und wärmewirtschaftliche Voraussetzung für die Zwischen- und Gegendruck-Dampfentnahme beim Kraft- und Heizbetrieb sind Vorrichtungen zur selbsttätigen Regelung und gegebenenfalls auch zur Speicherung von Leistung und Wärme innerhalb der durch den Bedarf gesteckten Grenzen. Als Beispiel sei der Fall herausgegriffen, wo es sich darum handelt, die Leistung der Maschine dem jeweiligen Heizdampfbedarf anzupassen. Für diesen und ähnliche Zwecke hat die Firma Gebr. Sulzer A.-G., Ludwigshafen, einen Dampfdruckregler mit Ölübertragung entwickelt, Abb. 24. Das Öl tritt mit etwa 1 at Überdruck aus einem Hochbehälter in den Raum über dem Stufenkolben des Servomotors. Durch einen Schlitz im Kolben gelangt es in den Raum unterhalb des Kolbens und kann von dort weiter durch die Verbindungsleitung, den Öldrosselschieber und durch die Ableitung einem Sammelbehälter zufließen. Der Drosselschieber wird unter Vermittlung eines federbelasteten Kolbens durch den Dampfdruck im Dampfdruckempfänger eingestellt, sodaß einem bestimmten Dampfdruck ein bestimmter Öldruck entspricht. Sinkt z. B. bei größerer Heizdampfentnahme der Gegendruck, so senkt sich der federbelastete Kolben und mit ihm der Drosselschieber und drosselt den Ölablauf. Der Öldruck unter dem Kolben des Servomotors steigt, hebt den Kolben und vergrößert die Füllung der Maschine bis infolge der größeren durch die Maschine durchgelassenen Dampfmenge der Gegendruck den richtige Wert angenommen hat.

Die Eignung der Dampfmaschine für die gekuppelte Kraft- und Wärmewirtschaft ist in ihrer außerordentlich hohen Anpaßfähigkeit in bezug auf das Verhältnis von Leistung zu Heizwärme begründet. Durch Wahl des Anfangsdruckes und der Maschinenabmessungen, gegebenenfalls auch der Zylinderteilung, kann man mit der Dampfmaschine den praktischen Bedürfnissen aller gleichzeitig Kraft und Wärme verbrauchenden Industrien Rechnung tragen.

Das macht die Dampfmaschine der Verbrennungsmaschine, wo das Verhältnis von Leistung zu Heizwärme starr gegeben ist, überlegen. Für kleinere Leistungen, etwa unter 1000 PS, kann die Dampfmaschine stets erfolgreich den Wettbewerb mit der Dampfturbine aufnehmen, da sie das für die Krafterzeugung verfügbare Dampfdruckgefälle mit besserem Wirkungsgrad verarbeitet und somit aus der für Heizzwecke gebrauchten Dampfmenge eine größere Leistung gewinnt. [B 667]

Streuströme und Streuspannungen im Grubenbetriebe.

Die stark zunehmende Verwendung der Elektrizität im Bergbau erfordert weitgehende Vorsichtsmaßregeln gegen ihren größten Mangel, ihr Bestreben, abzuirren. Trotz isolierender Stoffe, die im rauhen Grubenbetriebe leicht Beschädigungen ausgesetzt sind, verfolgt der elektrische Strom nicht die ihm vorgeschriebene Bahn, sondern verzettelt sich auf unkontrollierbaren Wegen. Man spricht dann von Streuströmen, die zu dem eigentlichen Stromleiter immer Nebenschlüsse bilden. Die Bedingungen für die Entstehung solcher Streuströme sind: vorhandener Spannungsunterschied zwischen Austritt- und Eintrittstelle, ungenügende Isolierung an diesen Stellen und ein gangbarer Stromweg. Die Stärke der Streuströme wird durch Anwenden eines möglichst geringen Widerstandes für den Betriebstromweg verringert. Die Streuströme selbst wählen den Weg des geringsten Widerstandes, werden daher besonders eisernen Rohrleitungen, Signalleitungen, Wasserseigen, feuchtem Erdreich und den Flözen folgen. Das Entstehen der Streuströme wird stark gefördert durch schlechtes Verbinden der als Stromrückleiter benutzten Grubenschienen. Durch Schweißen der Schienenstöße oder der Laschen hat man neuerdings bei nicht zu druckhaftem Gebirge gute Erfahrungen gemacht[1]), muß aber den Nachteil mit in Kauf nehmen, daß sich die Verbindungen bei Umbauten und beim Auswechseln von Schienen schlecht lösen lassen.

[1]) „Glückauf" Bd. 16 (1925) S. 453.

Das schädliche Wirken der Streuströme liegt einerseits in dem zerstörenden Einfluß auf die eiserne Strecken- und Schachtausrüstung durch Elektrolyse, anderseits in der Gefährdung des elektrischen Schießbetriebes durch Frühzündungen. Die elektrolytischen Wirkungen des Gleichstromes machen sich durch Anfressungen bemerkbar, die bei Rohren schließlich zu Undichtheiten führen; besonders bei schmiedeisernen Rohren machen sich solche Anfressungen stark bemerkbar. Eine Gefährdung des Schießbetriebes ist sowohl beim Verwenden von Spaltglühzündern wie auch von Brückenglühzündern gegeben beim Auftreten von Streuspannungen von 15 V und mehr, vor denen man sich also unbedingt zu schützen suchen muß.

Die wichtigsten und einfachsten Mittel gegen das Entstehen von Streuströmen und Streuspannungen bestehen in einer guten Ausführung und Überwachung aller Isolierungen und einem Stromrückleitungsweg mit möglichst geringem Widerstand durch die Schienen. Zum Ausgleich von Spannungen zwischen den Schienen bringt man alle 100 m gut leitende Querverbindungen an. Hohe Spannungsunterschiede zwischen den einzelnen Rohren wie zwischen den Schienen und Rohren lassen sich verhindern durch Verbinden der Rohre mit den Schienen in Abständen von je 100 m. Für den Schießbetrieb bildet das Kurzschließen der Schießleitung mit einer Kurzschlußklemme die wirksamste Schutzmaßnahme gegen Streuströme und -spannungen, wobei man besonders darauf zu achten hat, daß der Kurzschluß in größter Nähe des Schießortes und vor dem Befestigen der Zünderdrähte vorgenommen werden muß. [N 517] Prockat.

Rheinischer Dampfkesselbau.

Von Dipl.-Ing. F. Weber, Düsseldorf.

(Hierzu Tafel 6.)

Aus der Geschichte des rheinischen Dampfkesselbaues — Die heutige Leistungsfähigkeit rheinischer Fabriken im Bau von Großwasserraum- und Wasserrohrkesseln — Charakteristische Dampfkesselbauarten — Ausgeführte Hochdruckkessel — Dampfkesselfeuerungen — Vorwärmer — Speisewasserreiniger — Gemeinschaftsarbeit im Dampfkesselwesen.

Der Dampfkesselbau bildet eine Erzeugungsstufe zwischen der eisenschaffenden Industrie und dem eigentlichen Maschinenbau. Das Eisen wird im Dampfkessel nicht in so hohem Maße veredelt wie bei den meisten Erzeugnissen des Maschinenbaues. Der Baustoffanteil ist verhältnismäßig hoch, der Arbeitsanteil demgegenüber gering an der Preisbildung beteiligt. Viele, und zwar mit die bedeutendsten Dampfkesselfabriken, liegen daher auch in der Nähe der Stahlwerke im rheinischen Industriegebiet, das mit seinen Bergwerken, seinen großen Kraftanlagen und seiner chemischen und Textilindustrie gleichzeitig eines der wichtigsten Absatzgebiete für Dampferzeugungsanlagen ist. Mehr als die Hälfte aller in Deutschland hergestellten Landdampfkessel kommt aus dem Rheinland, in Zeiten guten Geschäftsganges schätzungsweise jährlich 40 000 t.

Noch heute angesehene Firmen, wie Jacques Piedboeuf, Aachen und Düsseldorf, sowie Petry-Dereux, Düren, haben bereits vor mehr als 70 Jahren die zu damaliger Zeit gangbaren Dampfkesselbauarten hergestellt. Schon Ende der 20er Jahre des vorigen Jahrhunderts baute Piedboeuf aus Jupille bei Lüttich eine Kesselschmiede vor dem Kölner Tor in Aachen. Ein zweites Werk, das sich inzwischen zu der Hauptfabrik entwickelt hat, wurde 1863 in Düsseldorf errichtet. Ein andrer Belgier, Petry, gründete seine Kesselfabrik 1854 in Rölsdorf bei Düren. Auch noch andre Kesselfirmen, z. B. Dupuis & Co., München-Gladbach, erinnern an die belgische Herkunft. Man könnte fast sagen, daß Belgier den Dampfkesselbau im Rheinland eingeführt haben. Heute erinnert aber nur noch der Name an die fremde Abstammung.

In den 60er Jahren wurde der Bau von Flammrohr- und Rauchrohrkesseln von dem 1856 als Sonderunternehmen für die Bedürfnisse des Erz- und Kohlenbergbaues gegründeten „Humboldt“, Kalk bei Köln, aufgenommen. Naturgemäß gab auch die Rheinschiffahrt Anlaß zur Gründung von Firmen, die sich mit der Herstellung von Schiffskesseln für die von ihnen gebauten Schlepp- und Fahrgastdampfer befaßten. So finden wir bereits im Jahre 1866 die Schiffswerft und Maschinenfabrik von Ewald Berninghaus in Duisburg, deren Name auch heute noch zu den ersten unter den Firmen für die Lieferung von Schiffsdampfkesseln und Großwasserraumkesseln auch für Landanlagen zählt.

Als dann nach dem Deutsch-Französischen Kriege die Einheit des Reiches gesichert war und die deutsche Industrie ihren großen Aufschwung nahm, entstanden im Rheinland weitere Dampfkesselfabriken, von denen nicht weniger als drei im vorigen Jahre ihr fünfzigjähriges Bestehen feiern konnten. Es sind dies die Firmen: L. & C. Steinmüller, Gummersbach, Rheinische Röhren-Dampfkesselfabrik von August Büttner, heute Büttnerwerke, Ürdingen, und die Firma Walther & Cie., A.-G., Köln-Dellbrück.

Das Jahr 1874 ist auch das eigentliche Geburtsjahr der deutschen Wasserrohrkesselindustrie. In diesem Jahre wurde der noch heute im Deutschen Museum vorhandene erste Wasserrohrkessel von Leberecht Steinmüller in Gummersbach gebaut. Neun geschmiedete Rohre von 60 mm Außen-Dmr. und 1475 mm Länge waren vorn und hinten durch T-Stücke, Muffen und Nippel untereinander und mit dem über dem Rohrbündel als „Oberkessel“ liegenden gußeisernen Rohrstück verbunden, Abb. 1. Er ist fast zehn Jahre in Betrieb gewesen. Wir finden hier von Anfang an den typischen Wasserumlauf des Zweikammerkessels, der als erster Wasserrohrkessel erfolgreich den Kampf mit dem Großwasserraumkessel aufgenommen hat. Dadurch, daß die Firmen L. & C. Steinmüller als erste den Bau von Wasserrohrkesseln zu einer einzigen Spezialfabrikation entwickelte, darf sie mit Recht für sich das Verdienst in Anspruch nehmen, zu dem gewaltigen Aufschwung der für unsre neuzeitliche Krafterzeugung unentbehrlichen deutschen Wasserrohrkessel-Industrie in erster Linie beigetragen zu haben.

1883 entstand eine weitere Spezialfabrik, Dürr & Co., Ratingen bei Düsseldorf, zur Herstellung des als „Dürr-Kessel“ bekannten Einkammer-Wasserröhrenkessels, von dem in den Jahren 1884 bis 1899 mehr als 2000 Kessel mit rd. 250 000 m² Heizfläche abgesetzt wurden. Noch heute sind derartige Kessel u. a. auch auf Rheindampfern in Betrieb. Die Firma, die heute die Bezeichnung Dürrwerke führt, hat sich seit 1908 vorwiegend dem Bau gradrohriger Steilrohrkessel gewidmet und dem bekannten Garbekessel eine große Verbreitung verschafft.

1898 hat dann noch eine weitere Fabrik für den alleinigen Bau von Wasserrohrkesseln: die Deutschen Babcock & Wilcox-Werke, Oberhausen, das schon vorher in Amerika und England bekannte System der senkrechten, gewellten Teilkammern (Sektionen) an

Abb. 1. Steinmüllerkessel, erste Bauart.

Abb. 2. Zusammenbau eines Kammerkessels.

Abb. 3. Wärmespeicher in der Werkstatt.

Stelle der Großkammer in Deutschland eingeführt, nachdem sich ähnliche Bauarten, wie z. B. der Petry-Walther-Kessel mit schrägliegenden Teilkammern, nicht hatten durchsetzen können.

Ein näheres Eingehen auf die geschichtliche Entwicklung des deutschen Wasserrohrkesselbaues verbietet sich im Rahmen dieses Aufsatzes. Die Bedeutung des Wasserrohrkesselbaues ist um die Jahrhundertwende mit der Einführung elektrischer Kraftübertragung, insbesondere nach der betriebssicheren und wirtschaftlichen Ausgestaltung der Dampfturbine erheblich gewachsen.

Die heutige Leistungsfähigkeit der rheinischen Dampfkesselfabriken und einiger kleinerer Werke, die sich der Sonderherstellung von Hilfsanlagen zur Dampferzeugung, wie Feuerungen, Vorwärmern und Wasserreinigern, widmen, erhellt am besten aus einigen bemerkenswerten Ausführungen der letzten Zeit. Von der mustergültigen Arbeitsweise aber kann man sich am besten durch einen Blick in eine neuzeitliche Kesselschmiede überzeugen. Abb. 2 zeigt den Zusammenbau eines Kammerkessels in der Werkstatt der Firma Jacques Piedboeuf. Man erkennt die Sorgfalt des Anrichtens, das tunliche Vermeiden von Spannungen in der Kesselwandung, das Hauptmerkmal einer hochwertigen Kesselschmiedarbeit. Bedingung hierfür ist nicht nur das Vorhandensein von guten Werkzeugmaschinen, wichtiger noch ist ein Stamm von alten Facharbeitern, die das Kesselschmiedehandwerk gründlich erlernt haben. Die wenigen Angaben aus der Geschichte des rheinischen Dampfkesselbaues zeigen schon, daß dieser Facharbeiterstamm vorhanden sein muß.

Sehr schwierige Anrichtarbeit erfordert z. B. die Herstellung der halbkugeligen Enden großer Wärmespeicher. Abb. 3 aus der Werkstatt von Petry-Dereux zeigt, wie diese Arbeit tadellos ausgeführt worden ist, so daß trotz der bei solchen Speichern auftretenden starken Druckschwankungen ein Dichthalten der Nietnähte gewährleistet ist. Es kommt hier das alte Kesselschmiedehandwerk, das durch die Herstellung geschweißter und geschmiedeter Kesselkörper in Walz- und Preßwerken an Boden zu verlieren droht, doch noch immer zur Geltung, wie denn überhaupt der Großwasserraum-Kesselbau auch heute noch seine Bedeutung hat, insbesondere wenn Innenfeuerung bevorzugt wird.

So hat die schon erwähnte Firma Berninghaus, Duisburg, einen Fünfflammrohr-Hochleistungskessel für die Verfeuerung von Hoch- oder Koksofengasen herausgebracht, dessen Konstruktion aus Abb. 4 bis 5 erkennbar ist. Der Kessel wird nach Angaben der Firma für Betriebsdrücke bis zu 25 at gebaut. Auf einem rheinisch-westfälischen Hüttenwerk ist eine solche Kesselanlage mit 18 at in Betrieb. Ihre Vorzüge liegen darin, daß die Verbrennung des Gases unmittelbar in den fünf Flammrohren des Oberkessels erfolgt, eine Berührung mit Mauerwerksteilen des Kessels also nicht stattfindet. Die Kesselmäntel werden nicht geheizt, sondern das Gas wird aus dem oberen Kessel durch eine ausgemauerte Blechkammer unmittelbar in die Rauchröhren des Unterkessels und von dort in den Vorwärmer geleitet. Die Gasgeschwindigkeit beträgt innerhalb des Ober- und Unterkessels gleichmäßig etwa 18 bis 20 m/s. Beim Abnahmeversuch hat sich eine stündliche Kesselleistung bis etwa 40 kg/m² bei einem Wirkungsgrade von 85 vH einschließlich Vorwärmer ergeben. Ein dem Schmidtschen ähnlicher Rauchrohrüberhitzer ist an der Heißgasseite des Unterkessels angeordnet, erfordert also keine besondren Räume oder umständliche Einbauten. Die Forderung einer Überhitzung des Dampfes auf 400 °C ist erfüllt worden. Von einer Beheizung der Kesselmäntel hat man vollständig abgesehen mit der Begründung, daß dadurch mehr Strahlungsverluste entstanden wären, als der Wärmeübergang an die Mäntel betragen hätte.

Für kleinere Anlagen und Abhitzeverwertung wird der Großwasserraumkessel neben dem Wasserrohrkessel weiterhin seine Bedeutung behalten. Im großen ganzen beherrscht aber der Wasserrohrkessel als Schräg- oder Steilrohrkessel das Feld, und es hat deshalb auch bei fast allen genannten rheinischen Kesselfirmen der Röhrenkesselbau heute die größere Bedeutung. So wird der Zweikammerkessel schon seit den 70er Jahren außer von der Firma Steinmüller auch noch von den Firmen Büttnerwerke A.-G., Ürdingen, Jacques Piedboeuf G. m. b. H., Düsseldorf-Oberbilk, Petry-Dereux G. m. b. H., Düren, und

Abb. 4 und 5. Fünfflammrohr-Hochleistungskessel für die Verfeuerung von Hoch- und Koksofengasen.

Abb. 16 und 17. Babcock & Wilcox-Hochleistungskessel für 35 at Betriebsdruck.

a Anschluß für den „Diamant"-Rußbläser
b Türen
c Ueberhitzkasten
d Schlammsammler
e Entlüftungsventil
f Thermometer
g Mischschieber
h Anschlußstutzen für den Hannemann-Speiseregler
i Aushilfsstutzen
k Hannemann-Fernwasserstandanzeiger
l Sicherheitsventil
m Vorwärmerkasten
n Schieber
o Rohrbruchventil, beiderseits schließend ohne Absperrung
p Meßflansch
q Manometer
r Speiseventile Fernthermometer-Anschluß
f_2 Vorwärmer-Fernthermometer
l_1 Sicherheitsventil mit Überlauf
l_2 Überhitz-Sicherheitsventil
q_1 Vorwärmer-Manometer.

Walther & Cie. A.-G., Köln-Dellbrück, gebaut. Er wird neuerdings auch für höhere Betriebsdrücke ausgeführt. Die Firma Petry-Dereux hat z. Zt. sechs Kammerkessel für 28 at Betriebsdruck von je 500 m² Heizfläche in Arbeit. Auch die Firma Steinmüller führt z. Zt. einen Kammerkessel von 320 m² wasserberührter Heizfläche für einen Betriebsdruck von 30 at aus, Abb. 6 bis 15, Tafel 6. Für geringere Drücke hat der Kammerkessel in Einzelteilen und Aufbau mit der Zeit eine so weitgehende Einheitlichkeit, namentlich durch die Gemeinschaftsarbeit der Kesselfirmen, gewonnen, daß schon viele Abmessungen genormt werden konnten. Eine Abart mit besonders großem Wasserraum, wie er namentlich im Bergbau beliebt war, ist der Max-Nicol-Kessel, um dessen Ausbildung sich die Firmen Petry-Dereux, Büttnerwerke und Walther & Cie. besonders verdient gemacht haben.

Für den erwähnten Teilkammer-(Sektional-)-Kessel waren bis vor kurzem die Deutschen Babcockwerke alleinige Vertreter. Die Vorzüge dieser Kesselbauart, namentlich bei Hochdruckanlagen, und eine Reihe praktischer Herstellvorteile haben aber auch die meisten andren Wasserrohrkessel bauenden Firmen neuerdings veranlaßt, den Bau des Teilkammerkessels aufzunehmen. Neben der allgemein bekannten Landkesseltype ist der von den Babcockwerken eingeführte sogenannte Sektional-Schiffskessel für Hochleistungs- und Hochdruckzwecke vielfach verwendet worden.

Abb. 16 bis 17 stellen einen solchen Hochdruckkessel von 700 m² Heizfläche für 35 at und 425 °C dar. In ähnlicher Anordnung können Kesseleinheiten bis zu 2500 m² und darüber gebaut werden. Bemerkenswert sind an diesem Kessel der geräumige Feuerraum über der Kettenrostfläche, die große Einstrahlheizfläche des ersten Feuerzuges, die einfache Unterbringung des Überhitzers und die raumsparende Anordnung des schmiedeisernen Vorwärmers unmittelbar über dem Kessel. Hingewiesen sei ferner auf den im Wasserraum des Kessels untergebrachten Heißdampfregler, der eine verlustlose Dampftemperaturreglung gestattet und bei den heutigen hohen Dampftemperaturen an Bedeutung gewinnen dürfte. Einen kesseltechnischen Fortschritt stellt der ebenfalls aus Abb. 16 und 17 ersichtliche selbsttätige Rußbläser dar, der sich für den Kesselbetrieb als sehr wertvoll erwiesen hat. Ein ähnlicher Rußbläser wird auch von der Firma L. & C. Steinmüller hergestellt.

Von den verschiedenen Bauarten des Steilrohrkessels ist der gradrohrige Garbekessel bereits erwähnt worden. Er wird außer von den Dürrwerken auch noch von den Firmen Piedboeuf und Walther & Cie. gebaut und hat in neuerer Zeit eine den Dürrwerken patentierte Verbesserung dadurch erfahren, daß die Garbeplatte mit dem übrigen Mantelblech aus einem Stück gepreßt wird, so daß nur noch e i n e Längsnaht zur Herstellung der Trommeln erforderlich wird, die entweder durch Doppellaschennietung oder durch Wassergasschweißung hergestellt wird. Die Firma gibt an, daß dadurch auch eine niedrigere Lage und eine Querschnittvergrößerung des Verbindungsstutzens zwischen den beiden Oberkesseln und damit ein gleichmäßiger Wasserstand in dem vorderen und dem hinteren Oberkessel ermöglicht wird. Diese Kessel werden bis zu 30 at Betriebsdruck ausgeführt, Abb. 18.

Bei dem von der Firma Büttner gebauten gradrohrigen Steilrohrkessel, auch als „Oschatzkessel" bekannt, sind der vordere Unterkessel und die beiden Oberkessel in Dreieckform durch gerade Rohrbündel untereinander verbunden. Wohl hauptsächlich infolge der Steigerung des Dampfdruckes scheint sich aber der Steilrohrkessel mit ge-

bogenen Rohren mehr und mehr gegenüber dem gradrohrigen Steilrohrkessel durchzusetzen. Steilrohrkessel mit gebogenen Rohren werden denn auch heute von allen rheinischen Wasserrohrkesselfirmen gebaut, und es macht sich vielfach das Bestreben bemerkbar, möglichst mit drei Trommeln, zwei Ober- und einer Untertrommel, auszukommen. So zeigen Abb. 19 und 20 einen in den letzten Jahren entstandenen Dreitrommelkessel, der nach den Vorschlägen von Dr.-Ing. W. Otte[1]) im Rheinland von den Firmen Petry-Dereux und Walther & Cie. ausgeführt wird.

Abb. 20 zeigt die erste Ausführung mit 600 m² Heizfläche im Kraftwerke „Niederrhein" des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes. Bemerkenswert ist an dieser Bauart, daß der hintere Oberkessel ganz mit Wasser gefüllt ist, also keinen Dampfraum hat. Es soll dadurch das Hin- und Herschwanken des Wasserspiegels, das eine gleichmäßige, selbsttätige Speisung verhindert, ganz beseitigt werden. Die Steigröhren sind fast in der ganzen Länge schlank gebogen und daher leicht durchfedernd, so daß alle Ausdehnungen ausgeglichen und auf die Trommeln keine unzulässigen Spannungen übertragen werden. Da der hintere Oberkessel keinen Dampfraum aufweist, ist es notwendig, den vorderen Oberkessel besonders groß auszuführen, ein Umstand, der bei höheren Drücken wegen der damit verbundenen großen Wanddicke nachteilig werden würde. Die Firma Petry-Dereux teilt daher für hohe Drücke diesen vorderen Oberkessel in zwei Trommeln und schließt an diese beiden Vordertrommeln das sich oben gabelnde vordere Steigrohrbündel derart an, daß die Dampfausscheidung annähernd gleichmäßig durch beide Wasserspiegel erfolgt.

Ein andrer Dreitrommelsteilrohrkessel, der auch vom Gesichtspunkt eines guten Wasserumlaufs aus konstruiert wurde, ist der Dr.-Wirmer-Kessel, der im Rheinland von den Dürrwerken ausgeführt wird.

Der von der Maschinenbauanstalt Humboldt, Köln-Kalk, seit 1919 gebaute Humboldt-Steilrohrkessel weicht in seiner Gesamtanordnung von den übrigen Steilrohrkesselarten ab. Die Oberkessel liegen bei ihm nicht parallel, sondern quer zum Unterkessel, also in der Längsrichtung des Wasserumlaufs. Diesem System liegt die Überlegung zugrunde, daß der Gesamtquerschnitt der üblichen Verbindungsrohre zwischen den Oberkesseln nicht genüge, um die in dem vorderen Röhrenbündel heftig emporgetriebenen Wassermengen rasch und störungslos nach der hinteren Obertrommel zu befördern. Man hat deshalb, um die Verbindungsrohre zu vermeiden, den Oberkessel selbst mit seiner ganzen Länge in den Wasserkreislauf eingeschaltet, so daß der Gesamtquerschnitt des Oberkessels für den Umlauf zur Verfügung steht. Zwei derartige Kessel von je 1000 m² wasserberührter Heizfläche bei 20 at Betriebsdruck werden zurzeit im Elektrizitätswerk Kupferdreh aufgestellt, Abb. 21. Jeder Kessel hat drei Oberkessel von 1400 mm Drm. und einen Unterkessel von 1200 mm Drm. Bemerkenswert ist die Ausrüstung dieser Kessel mit kombinierter Kohlenstaub-Wanderrostfeuerung nach der Anordnung Schuckert-Petry-Humboldt[1]), bei der die Kohlenstaubflamme gegen den mit festen Brennstoffen beschickten Wanderrost geblasen wird. Die Kohlenstaubflamme trifft senkrecht auf die feste Brennstoffschicht und beschleunigt dadurch wesentlich deren Brenngeschwindigkeit, so daß auch sehr minderwertige Brennstoffe auf diesem „angeblasenen" Rost verfeuert werden können, während umgekehrt wieder die Rostflamme dafür sorgt, daß die Kohlenstaubflamme nicht abreißt. Diese Wechselwirkung soll der Wirtschaftlichkeit der Feuerung sehr zustatten kommen.

Der bewegliche Rost wurde um die Jahrhundertwende in Deutschland zuerst von den Babcockwerken als Kettenrostfeuerung eingeführt. Die Ketten dienten hierbei gleichzeitig als Roststäbe, eine Bauart, die noch jetzt in England gang und gebe ist. Für die deutschen Kohlenverhältnisse stellte sich jedoch bald die Notwendigkeit heraus, die der Abnutzung stark ausgesetzten Roststäbe leicht auswechselbar auf der beweglichen Rostbahn anzuordnen. Es ist das Verdienst der Firma Petry-Dereux, diese auswechselbaren Roststäbe zuerst im Jahre 1903 ausgeführt zu haben. Seitdem ist der gewöhnliche Kettenrost für rheinisch-westfälische Kohle so gut wie ganz verschwunden. Der Wanderrost mit auswechselbaren Roststäben wird hingegen heute im Rheinland von den schon erwähnten Kesselfirmen: Babcockwerke, Büttnerwerke, Dürrwerke, Jacques Piedboeuf, L. & C. Steinmüller und Walter & Cie. in bewährter Weise ausgeführt, sowohl für Betrieb ohne als auch für Betrieb mit Unterwind. Insbesondere mit dem Bau von Wanderrosten befaßt sich ferner im Rheinland die Firma Vervoort-Wanderrost A.-G., Düsseldorf, die schon seit dem Jahre 1912 Wander- und Kettenrostglieder aus Stahl von hoher Festigkeit herstellt. Auch die von ihr seit dem Jahre 1922 gebauten Wanderroste haben gestanzte Stahlroststäbe. Ein weiteres besonderes Merkmal dieses Wanderrostes ist die sogenannte Klappenanordnung, die eine selbsttätige Trennung der Durchfallkohle und der Durchfallasche bewirkt und eine veränderliche Luftzuführung ermöglicht, was sich nach den Angaben der Firma im praktischen Betriebe bestens bewährt haben soll. Die Firma hat sich neuerdings auch dem Bau besonders breiter Wan-

Abb. 18. Dürr-Steilrohrkessel für 30 at Betriebsdruck.

[1]) s. Z. Bd. 67 (1923) S. 1021.

[1]) DRP Nr. 384585.

Abb. 19 und 20. Dreitrommel-Steilrohrkessel. Bauart Dr. Otte, mit 600 m² Heizfläche für 15 at Betriebsdruck.

derroste gewidmet. Abb. 22 zeigt einen solchen Wanderrost von 4 m Breite.

Um einen besseren Ausbrand auf den beweglichen Rosten zu erzielen, haben verschiedene rheinische Firmen Einrichtungen erfunden, die in Fachkreisen allgemein Anerkennung gefunden haben. Es seien nur die verschiedenen Arten von Feuerbrücken und Pendelstauern erwähnt, so besonders die bekannte Feuerbrücke der Firma L. & C. Steinmüller, ferner der von der Firma Walther & Cie. gebaute Rückstandvergaser (Schlackengenerator), der unmittelbar an das hintere Rostende angeschlossen wird. Die glühenden Verbrennungsrückstände vom Wanderrost fallen in den dahinter gebauten Schacht und werden ohne Verlust an fühlbarer Wärme vergast. Das Brennbare in der Schlacke wird hier also noch bis auf einen praktisch geringfügigen Wert nutzbar gemacht und die Wirtschaftlichkeit der Anlage dadurch nicht unwesentlich gehoben.

Auch für die Verbrennung von Braunkohle werden von rheinischen Firmen geeignete Feuerungen gebaut. Walther & Cie. verwenden hierfür ihre Universal-Wanderrostfeuerung

Abb. 21. Humboldt-Steilrohrkessel (Oberkessel in Längsrichtung des Wasserumlaufes) im Bau.

Abb. 22. Wanderrost der Firma Vervoort-Wanderrost-A.-G. im Zusammenbau.

mit einer als Treppenrost ausgebildeten Vorfeuerung. Vom Kölner Eisenwerk, Brühl, werden für Braunkohle die bekannten Treppenrost-Halbgasfeuerungen, zum Teil mechanisch bewegt, hergestellt. Neuerdings hat diese Firma auch die Herstellung des von dem kürzlich verstorbenen Prof. Franke konstruierten Raupenrostes aufgenommen, durch dessen eigenartige Rostbahnbewegung der sich bildende Schlackenkuchen fortwährend geschürt und gleichzeitig weiterbewegt wird. Mechanisch bewegte Treppenroste werden endlich noch von L. & C. Steinmüller und den Babcockwerken seit einigen Jahren hergestellt. Alle diese Ausführungen waren auf den Wärmemessen der beiden letzten Jahre in Leipzig und Köln ausgestellt.

Zu erwähnen ist noch, daß in den letzten Jahren fast alle rheinischen Feuerungsfirmen sogenannte Zünddecken (scheitelrechte Gewölbe), deren feuerfeste Formsteine nach amerikanischem Muster an Trägern über dem Rost aufgehängt werden, herstellen. Es läßt sich damit das Zündgewölbe in jeder beliebigen Form nach der Eigenart der Kohle herstellen, so daß eine gute und gleichmäßige Bestrahlung der Brennschicht und damit ein gleichmäßiger Abbrand der Kohle gewährleistet wird.

Eine neuzeitliche Dampferzeugungsanlage ist ohne Vorwärmer nicht denkbar. Am besten haben sich für die Vorwärmung des Wassers die bekannten Glattrohreconomiser mit mechanisch bewegten Rußschabern bewährt. Sie sind in Tausenden von Anlagen auch von rheinischen Firmen ausgeführt. So haben sich die Deutschen Economiserwerke, G. m. b. H., Düsseldorf-Obercassel, allein diesem Fabrikationszweig gewidmet. Zurzeit werden von dieser Firmen drei Glattrohreconomiser von annähernd je 1000 m² Heizfläche bei einem Betriebsdruck von 35 at für das Städtische Betriebsamt in Leipzig geliefert, nachdem die Aufgabe, dieses Vorwärmersystem auch für hohe Drücke in bezug auf Baustoff und Konstruktion betriebsicher zu gestalten als gelöst betrachtet werden kann. Auch bei der Firma Eisenwerk und Maschinenbau A.-G., Düsseldorf-Heerdt, ist der Bau derartiger Vorwärmer ein Hauptzweig der Fabrikation. Bekannt sind ferner die Ausführungen der Märkischen Rohrleitungsbau-Gesellschaft m. b. H., Düsseldorf, der Babcockwerke und der Firma L. & C. Steinmüller, die den Vorwärmerbau mit dem Kesselbau verbinden. Bei Platzmangel können diese glattrohrigen gußeisernen Vorwärmer auch über dem Kessel angeordnet werden, wie eine von der Märkischen Rohrleitungsbau-Gesellschaft gelieferte Anlage, Abb. 23, zeigt.

Abb. 23. Einbau eines gußeisernen Rauchgasvorwärmers von 405 m² Heizfläche über einem Teilkammerkessel von 650 m² Heizfläche, ausgeführt von der Märkischen Rohrleitungsbau-Gesellschaft für das Elektrizitätswerk Niederrhein.

Das Gesamtbild des rheinischen Dampfkesselbaues würde unvollkommen sein, wollte man nicht auch der Anlagen für die Reinigung des Kesselspeisewassers gedenken. Hans Reisert & Co., K.-G. a. Akt., Köln-Braunsfeld, hat ihre Bedeutung für das Dampfkesselwesen durch das Ende der 80er Jahre von ihr eingeführte Patent Dervaux erhalten, das einen selbsttätigen Wasserreinigungs-Apparat zur Enthärtung von Kesselspeisewasser mit Kalk und Soda betrifft. Ein besonders wichtiger Bestandteil dieses Apparates ist der Dervauxsche Kalksättiger, der trotz seiner einfachen Form die äußerste Ausnutzung des Ätzkalkes gestattet und dem zu reinigenden Wasser eine immer gleichbleibende Menge gleichmäßig gesättigten Kalkwassers zuführt. Erst durch die Verwendung des gesättigten Kalkwassers ist die Einführung des Kalk-Sodaverfahrens zur Wasserenthärtung in großem Umfange möglich geworden. Es ist das Verdienst der Firma Reisert, für die Einführung des Kalk-Sodaverfahrens in großem Maßstabe bahnbrechend gewirkt zu haben. Genannt sei ferner die Firma Robert Reichling & Co., Crefeld-Königshof, die als erste das Regenerativ-Verfahren mit Schlammrückführung angewandt hat. Auch die Wasserreiniger der Firma L. & C. Steinmüller sind bekannt.

Der rheinische Dampfkesselbau steht, wie überhaupt die ganze deutsche Dampfkesselindustrie, in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht nicht still. Namentlich auf dem Gebiete der Erzeugung des Hochdruckdampfes sind in den letzten Jahren bedeutende Forschungsarbeiten als Grundlage für die Wahl des Baustoffes und des Aufbaues der Kessel geleistet worden. Die in der Vereinigung der deutschen Dampfkessel- und Apparate-Industrie mit dem Sitz in Düsseldorf gewährleistete Gemeinschaftsarbeit aller dieser Firmen ist für diesen Fortschritt außerordentlich fördernd gewesen. Erleichtert wurden diese Arbeiten auch durch die laufende Verständigung mit den rheinisch-westfälischen Walzwerken und mit den Großkesselbetrieben. In der Herstellung von Hochsicherheitstrommeln für den neuzeitlichen Hochdruckkessel und in der Güte des dafür verwendeten Baustoffes dürfte die deutsche Industrie schon einen Vorsprung vor dem Ausland erreicht haben, und es ist zu hoffen, daß auch die ausländischen Kesselbesteller bald diese Überlegenheit erkennen und die deutsche Kesselindustrie dadurch auch für die Ausfuhr erhöhte Bedeutung erlangt. [B 666]

Die Elektrizitätswirtschaft des Rheinlandes.

Von Direktor A. Schreiber, Köln.

Aus den ältesten Werken für Lichtstrom und später für Straßenbahnen und Gleichstrom-Kleinkraftbetriebe hat sich nach Ausbildung der Wechselstrom-Hochspannungstechnik die Großkraftversorgung des Rheinlandes entwickelt. Die mit der Energiewirtschaft überhaupt innig verbundene Elektrizitätsversorgung gründet sich heute neben der zurückgehenden Steinkohlenverfeuerung insbesondere auf die niederrheinische Braunkohle (55 vH). Sie umfaßt außer sehr vielen Elektrizitätswerken örtlich begrenzter Bedeutung hauptsächlich vier große Stromerzeugungsnetze, die miteinander verbunden sind. Zu einem dieser Netze gehört das Goldenberg-Werk, mit 290 000 kW das größte Dampfkraftwerk der Welt.

Die Elektrizitätswirtschaft ist im Rheinlande wie überall im Verhältnis zu andern Wirtschaftszweigen ein sehr junges Gebilde; sie konnte nur erwachsen auf jenen zahlreichen wissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen, die das 19. Jahrhundert, das Jahrhundert der Erfindungen und Entdeckungen, zum ersten Male bot. Reicht nun auch die Geschichte der Elektrizitätswirtschaft höchstens sechs Jahrzehnte weit zurück, so hat sie doch in dieser kurzen Zeitspanne eine ungemein fesselnde, merkwürdige Entwicklung durchlaufen.

Lichtstromwerke.

Zunächst bedeutet die Elektrizitätswirtschaft in ihren Anfängen gar nicht das, was wir heute darunter zu verstehen pflegen. Ihr begrifflicher Inhalt war ein ganz anderer. Heute sind Elektrizitätswirtschaft und elektrische Energiewirtschaft gleichbedeutend. Ursprünglich aber hatte die Elektrizität mit Energieverteilung nichts oder nur wenig zu tun. Die erste in größerem Umfange verwirklichte Anwendung der neuen Naturkraft lag ja auf einem Gebiete, das man der Energiewirtschaft gewöhnlich nicht zurechnet: der elektrischen Beleuchtung.

Nach den ersten, kleinen, auf das Lichtbedürfnis des Menschen begründeten Haus- und Blockwerken entwickelten sich nach und nach die Stadtelektrizitätswerke, die gewöhnlich im Stadtkern, also im Mittelpunkte des Verbrauchsgebietes, errichtet wurden. Auch sie lieferten zunächst vorwiegend Lichtstrom für die Beleuchtung von Wohnhäusern und öffentlichen Gebäuden, sowie für die Straßenbeleuchtung. Natürlich waren es vor allem die Großstädte, die sich diese neue praktische Einrichtung zunutze machten. Gerade das Rheinland mit seinen vielen und volkreichen Großstädten hat daher an der Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft regen Anteil genommen. Die älteste elektrische Zentrale des Rheinlandes, das alte Gleichstromwerk der Stadt Elberfeld (1887), Abb. 1, ist eines der ältesten Elektrizitätswerke Deutschlands. Dann folgen in kurzen Zeitabständen: Barmen (1888), Köln (1890), Düsseldorf (1891), Aachen und viele andre.

Daß das Rheinland mit seiner Elektrizitätswirtschaft auch geschichtlich an der Spitze marschiert, ist eine durchaus selbstverständliche Erscheinung, die hier nicht etwa als löbliche Merkwürdigkeit hervorgehoben werden soll. Das Rheinland ist von jeher ein kultureller Mittelpunkt Europas gewesen und hat seine zweitausendjährige Überlieferung niemals vergessen. Es hat das Erbe der alten Kultur seit seiner ersten großen Blütezeit unter der Herrschaft Roms eigentlich immer lebendig erhalten, bald mehr, bald weniger offenkundig. Ist es doch der Rhein, von dessen Städten die Kulturentwicklung unsres Vaterlandes und weiterhin der Gedanke des deutschen Reiches ausgegangen ist. Und wenn der Besucher, der in diesem Jahre zur Feier der tausendjährigen Zugehörigkeit der Rheinlande zum Reich an den Rhein zieht, die Denkmäler der Geschichte von der blühenden Gegenwart, den Werken der Technik, überragt findet, so vergesse er doch nicht. daß das Rheinland immer ein lebensvolles, gesegnetes Land war, das seine Größe nicht allein der Industrie zu danken hat.

Anfänge der Kraftversorgung.

Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft erhielt eine ganz neue Richtung durch die Erfindung der elektrischen Straßenbahn. Mit der Anlage der Schienenwege, auf denen der elektrische Triebwagen als Nachfolger der alten Pferdebahnen und Dampfstraßenbahnen verkehren sollte, erhalten die Elektrizitätswerke eine viel umfassendere Aufgabe; aus der ursprünglichen Lichtversorgung entsteht die elektrische Energiewirtschaft. Mit der Anwendung des Gleichstrom-Hauptstrommotors als Antrieb eines Verkehrsmittels wird zum ersten Male die Rückverwandlung der Elektrizität in mechanische Energie wirtschaftlich in größerem Maßstabe durchgeführt. Damit war außerdem das ganze große Gebiet der motorischen Antriebe in Industrie und Technik, in Haushalt und Gewerbe für die Elektrizität erschlossen. Der elektrische Gleichstrommotor war mittlerweile so sehr vervollkommnet, daß er den scharfen Wettbewerb des Gasmotors erfolgreich bestehen konnte.

Energiewirtschaft und Elektrizitätswirtschaft.

Die ungeheure Steigerung der elektrischen Energieerzeugung seit dem letzten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts ist in erster Linie der starken Verbreitung des Elektromotors zu verdanken. Durch den Elektromotor ist die Elektrizität in die Voraussetzungen unserer Wirtschaft und unsres Kulturlebens eingegangen. Vermöge seiner vielen großen Vorzüge hat er zum großen Teile die bis dahin gebräuchlichen primitiveren Antriebe verdrängt und sich außerdem seiner Eigenart entsprechende neue Anwendungsgebiete geschaffen, die nur mit ihm und durch ihn bestehen können. Erst der gesteigerte Elektrizitätsverbrauch zu Kraftzwecken hat uns den Begriff der Energiewirtschaft deutlich zum Bewußtsein gebracht.

Energiewirtschaft und Gewerbefleiß sind eng miteinander verknüpft; die Beanspruchung der Energiewirtschaft ist geradezu ein Maßstab für das Gedeihen der Wirtschaft überhaupt. Energiewirtschaft und Technik stehen miteinander in einer eigenartigen Wechselwirkung, deren Gesetze im Grunde unbekannt sind. Das auffälligste an dieser Erscheinung ist, daß Energieerzeugung und Technik sich gegenseitig unaufhörlich steigern, und wir können im Augenblick nur hoffen, daß diese Steigerung sich einem endlichen Grenzwerte nähert.

Die Durchdringung der Wirtschaft mit außermenschlicher, anorganischer Energie ist das eigentliche Kennzeichen unserer Zeit, die man ja sonst als Zeitalter der Technik zu benennen pflegt. Zweifellos legt die Technik die uns ja tagtäglich und überall mit ihren Werken vor Augen tritt, die letztere Bezeichnung nahe. Aber das letzten Endes Neuartige und Ausgeprägte an der Entwicklung der Wirtschaft in den letzten hundert Jahren ist doch das Beherrschen und Verfügbarmachen ungeheu-

Abb. 1. Altes Gleichstromwerk Elberfeld (1887).

Abb. 2. Städtische Elektrizitätswerke Aachen, Kraftwerk Göbbelgasse.

rer Energiemengen; die Energiewirtschaft ist der Blutkreislauf der Industrie.

In dem Gesamtgebiet der Energiewirtschaft spielt die Elektrizitätswirtschaft die Rolle des Verteilers. Ihre Aufgabe ist es, die aus irgendwelchen Quellen gewonnenen natürlichen Energiemengen in überraschend gefälliger Weise sauber und wirtschaftlich auf weite Strecken zu übertragen und über ein feinverästeltes Verbrauchsgebiet zu verteilen. Die Elektrizität nimmt in der großen Energiewirtschaft noch immer einen bescheidenen Raum ein; noch immer wird ein großer Teil der natürlichen Energiequellen auf einem andern Wege nutzbar gemacht, der nicht über die Elektrizitätswirtschaft führt: von der gesamten Steinkohlenförderung des rheinisch-westfälischen Bezirkes dienen weniger als 5 vH mittelbar oder unmittelbar der Elektrizitätserzeugung.

Aber die beispiellose Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft in den letzten Jahren rechtfertigt die Erwartung, daß sie sich immer größere Gebiete der Energiewirtschaft erobern wird. Die Elektrizitätswirtschaft kann begreiflicherweise ihren Wirkungsbereich nur stufenweise und in dem Maß erweitern, wie wir die Elektrizität wissenschaftlich und technisch beherrschen lernen. Hierin ist nun freilich Großartiges geleistet worden, und man braucht auch heute nicht zu befürchten, daß wir auf diesem Wege mit unserer Kraft zu Ende wären; anderseits darf man auch nicht verkennen, daß die auftauchenden Probleme immer weniger formeller, immer mehr grundsätzlicher Natur sind, und daß ihre Lösung einen genialen Kopf erfordert. Auf jeden Fall ist es nach dem heutigen Stande der wissenschaftlichen Erkenntnis volks- und weltwirtschaftich höchst erstrebenswert, die Elektrizitätswirtschaft mehr und mehr zu einem universellen, alle Energievorgänge der Wirtschaft umfassenden System auszubilden.

Die Energiequellen der rheinischen Elektrizitätswirtschaft.

Unter den natürlichen Energiequellen des Rheinlandes sind Steinkohlenflöze und Braunkohlenfelder die wichtigsten. Nicht immer bestanden beide Energievorkommen für die Wirtschaft gleichzeitig nebeneinander. Die Erschließung der Steinkohle reicht viel weiter zurück als die Verwertung der Braunkohle. Steinkohle einerseits und Braunkohle anderseits kennzeichnen zwei Hauptabschnitte in der Geschichte der westdeutschen Elektrizitätswirtschaft. In dem ersten, etwa mit dem Jahre 1911 abgeschlossenen Zeitabschnitte spielt die Steinkohle unter den herangezogenen Energiequellen die ausschlaggebende Rolle, ist fast die einzige Kraftquelle überhaupt. Erst später wird neben ihr auch die Braunkohle in immer größerem Maßstabe zur Erzeugung elektrischer Energie ausgenutzt.

Jede der beiden Zeitspannen hat sich einen eigenen, ihrem Betriebstoff angepaßten Kraftwerktyp geschaffen: für die Steinkohle das örtliche, meist städtische Einzelkraftwerk, Abb. 2 und 3, das gewöhnlich im Brennpunkte des Verbrauchsgebietes gelegen ist und dessen Betriebstoff oft über sehr weite Strecken mit mechanischen Beförderungsmitteln, über Eisenbahn und Wasserstraßen herangeschafft wird; für die Braunkohle das Großkraftwerk in unmittelbarer Nähe der Grube. Zwischen beiden besteht ein grundsätzlicher Unterschied. Im ersteren Falle bevorzugt man die Fernübertragung der Energie in der ursprünglicheren, an den greifbaren Stoff gebundenen Form: als Steinkohle. Im andern Falle, bei der Braunkohle, wird der Transportweg des Energieminerals zu einem Kleinstwert; die Energie wird über den Draht verfrachtet.

Daher hatte die Entwicklung der Braunkohlen-Großkraftwerke eine wichtige technische Voraussetzung; die Ausbildung der Hochspannungstechnik, den Übergang vom Gleichstrom zum Wechselstrom und Drehstrom. Diesen Übergang vollzog in Deutschland zuerst die Stadt Köln mit ihrem 1891 fertiggestellten Steinkohlenkraftwerk, das noch heute an einen Teil der Stadt einphasigen Wechselstrom liefert. Die Steinkohlenkraftwerke des Rheinlandes stammen größtenteils aus einer Zeit, da es eine Hochspannungstechnik im heutigen Sinne noch nicht gab. Aber auch heute würde man die Umsetzung der Steinkohlenenergie in Elektrizität kaum anders als in der genannten Form vornehmen.

Wie Dehne in seinem ausgezeichneten Buch über Deutschlands Großkraftversorgung angibt, ist die wirtschaftliche Reichweite der elektrischen Übertragung von Steinkohlenenergie beschränkt; bei Entfernungen von mehr als 60 km ist die mechanische Verfrachtung der Kohle günstiger. Insofern sind also die alten örtlichen Zentralen noch keineswegs überholt. Wenn wir demnach in der Elektrizitätswirtschaft des Rheinlandes, Deutschlands und der ganzen Welt eine immer mehr offene Abkehr von der Steinkohle beobachten, so liegt das an etwas anderm.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Steinkohle beruht nicht allein in ihrem nackten Heizwert, die Steinkohle ist gleichzeitig der wichtigste Ausgangstoff für die chemische Industrie. Sie läßt sich durch trockene Destillation in die drei Bestandteile Koks, Gas und Teer zerlegen, wobei außerdem noch als wertvolles Nebenerzeugnis das Ammoniakwasser gewonnen wird[1]). Von den zahllosen Derivaten des Teers ist das eine wichtiger als das andre. Es sei hier nur an das ungeheure Gebiet der Farbenfabrikation, sowie an die Darstellung des Benzols erinnert. Es soll hier keineswegs einer Ausschaltung der Steinkohle aus der Elektrizitätswirtschaft das Wort geredet werden; das wäre von vornherein sinnlos, denn, da die Energievorräte Deutschlands zu mehr als 90 vH aus Steinkohle bestehen, so wird die Elektrizitätswirtschaft auch in Zukunft zum großen Teil auf diesen wichtigsten aller Rohstoffe angewiesen bleiben.

Aber gerade deshalb darf man nicht müde werden zu wiederholen, daß die Verwertung der Steinkohle in der heute allgemeinen Form der Verfeuerung unter Kesseln auf die Dauer einen Raubbau bedeutet, der sich im Laufe der Zeit ernstlich rächen wird. Es ist daher eine der wichtigsten Aufgaben der Energiewirtschaft von heute, ein Verfahren auszubilden, das den Energieinhalt der Steinkohle mit wesentlich günstigerem Wirkungsgrad ausnutzt und zugleich ihre chemisch wertvollen Bestandteile schont. Solange wir auf diesem Wege keine Fortschritte

Abb. 3. Kesselhaus im städtischen Elektrizitätswerk Düsseldorf.

[1]) s. Z. Bd. 69 (1925) Heft 17

machen, gehört die Zukunft der Braunkohle, obwohl diese ja in ihrem Bestande viel kurzlebiger ist als die Steinkohle.

Die fortschreitende Heranziehung der Braunkohle zur Elektrizitätserzeugung geht aus Zahlentafel 1 und Abb. 4 sinnfällig hervor. Von 49 vH im Jahre 1921 steigt der Anteil der Braunkohle im Jahre 1924 auf 54,7 vH. Der absolute Wert der Stromerzeugung aus Braunkohle steigt in den drei Jahren von 874 Mill. kWh um 473 = 54,2 vH auf 1347 Mill. kWh. Im gleichen Zeitraum steigt die Gesamterzeugung von 1797 um 666 = 37 vH auf 2463 Mill. kWh. Von der gesamten Steigerung der Stromerzeugung entfallen also mehr als 71 vH auf Mehrleistung oder Erweiterungen von Braunkohlenkraftwerken. Die Steinkohle dagegen ist nur zu 5 vH an der Mehrerzeugung beteiligt. Im Jahre 1921 betrug das Verhältnis der aus Steinkohle zu der aus Braunkohle erzeugten Elektrizität 1 : 1,225, im vorigen Jahre 1 : 1,79.

Abb. 4. Erzeugung elektrischer Energie im Rheinland 1921 und 1924.

Abb. 5. Verteilung der 1924 verbrauchten Energiemengen auf die einzelnen Verbrauchsgebiete.

Sehr lehrreich sind auch die Ergebnisse der

Verbrauchstatistik.

In Zahlentafel 2 ist zusammengestellt, wie sich im Jahre 1924 die im Rheinlande verbrauchten Energiemengen auf die einzelnen Verbrauchsgebiete verteilten, s. a. Abb. 5. In den Großstädten des Rheinlandes ist die Verteilung ein wenig anders. Hier sind die Anteile von Licht und Bahnen auf Kosten der Kraftantriebe etwas größer; sie betragen für Kraft 63,9 vH, Licht 22,6 vH, Bahnen 13,5 vH.

Im ganzen Rheinlande kam auf den Kopf der Bevölkerung ein mittlerer Stromverbrauch von 241 kWh im Jahre 1921 und von 334 kWh im Jahre 1924. In den Großstädten betrug der mittlere Stromverbrauch auf einen Einwohner 1924 nur 187 kWh. Die Kleinheit dieser Zahl gegenüber der Durchschnittzahl des ganzen Rheinlandes erklärt sich dadurch, daß die großen, hauptsächlich für Kraftantriebe dienenden Werkzentralen der Industrie bei den Großstädten nicht mitgerechnet wurden. In der Tat kommt dieser Unterschied lediglich als Minderverbrauch für Kraft zum Ausdruck, während der Verbrauch für Licht und Bahnen in den Großstädten, wie zu erwarten war, größer ist als im Gesamtdurchschnitt. Dies geht aus Zahlentafel 3 deutlich hervor.

Braunkohlenkraftwerke.

Die Heranziehung der Braunkohle zur Erzeugung elektrischer Energie im größeren Maßstab hatte, wie gesagt, die Beherrschung hoher Spannungen zur Voraussetzung. Das erste rheinische Braunkohlenkraftwerk,

Zahlentafel 1.

Erzeugung elektrischer Energie im Rheinland einschl. des Saargebiets.

aus	1921 Mill. kWh	1921 vH	1924 Mill. kWh	1924 vH
Steinkohle	726	40,0	752	30,5
Braunkohle	874	49,0	1347	54,7
Gas	169	9,5	316	12,8
Wasser	28	1,5	48	2,0
zusammen	1797	100,0	2463	100,0

Zahlentafel 2.

Verbrauch elektrischer Energie im Rheinlande 1924

für Kraft	82,3 vH
„ Licht und Kleinkraft	10,8 „
„ elektrische Bahnen	6,9 „
zusammen	100,0 vH

Zahlentafel 3.

Elektrizitätsverbrauch auf einen Einwohner im Jahre 1924

	im ganzen Rheinland	im Durchschnitt der Großstädte
für Kraft	275	119,5 kWh
„ Licht	36	42,3 „
„ elektr. Bahnen	23	25,2 „
zusammen	334	187 kWh

Abb. 6. Kraftwerk Fortuna II, auf 80 000 kW ausgebaut, endgültige Leistung 160 000 kW.

das Kraftwerk Berggeist bei Brühl, wurde zwar schon im Jahre 1899 gebaut. Es hatte aber bei 800 kW Leistung der eingebauten Maschinen damals den Charakter eines rein örtlichen Kraftwerks und versorgte die Ortschaften des nahen Vorgebirges vorwiegend mit Lichtstrom.

In die Elektrizitätswirtschaft großen Stils wurde die rheinische Braunkohle zuerst durch das Kraftwerk Fortuna I des Rheinischen Elektrizitätswerkes im Braunkohlenrevier A.-G. hereingezogen, dessen Bau im Jahre 1910 begonnen und das 1911 mit einem ersten Ausbau von 8000 kW in Betrieb genommen wurde. Dieses Kraftwerk versorgt durch eine 25 km lange Kabelleitung für 25 kV die Stadt Köln und ihre industriellen Vororte mit elektrischer Energie.

Die Leistung des Kraftwerkes Fortuna I wurde bis zum Jahre 1917 auf 40 000 kW vergrößert. Bei dem ständigen Wachstum der Stadt Köln genügten die Erweiterungen des alten Werkes auf die Dauer nicht mehr, so daß sich der Bau eines zweiten Großkraftwerkes als nötig erwies. Leider mußte der Plan wegen der durch Krieg und Materialmangel hervorgerufenen Schwierigkeiten bis zum Jahre 1920 zurückgestellt werden. Das Kraftwerk Fortuna II, Abb. 6, ist heute mit 80 000 kW Maschinenleistung im ersten und zweiten Ausbau fertiggestellt; der endgültige Ausbau wird mindestens 160 000 kW betragen. Außer für die Belieferung der Stadt Köln werden die Kraftwerke Fortuna für andre Gebiete herangezogen; sie stehen durch eine 100 kV-Leitung mit dem Fernversorgungsnetz des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes in Verbindung.

Abb. 7. Goldenberg-Werk des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes, 290 000 kW Leistung.

Daß der Schwerpunkt der rheinisch-westfälischen Elektrizitätsversorgung in der Braunkohle ruht, kommt durch das Goldenberg-Werk des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerks (RWE), Abb. 7, sinnfällig zum Ausdruck. Das Goldenberg-Werk bei Knapsack (Baubeginn 1913) ist mit seiner eingebauten Leistung von 290 000 kW nicht allein das größte Braunkohlenkraftwerk Deutschlands, sondern überhaupt das größte Dampfkraftwerk der Welt.

Die Kraftwerke Berggeist, Fortuna I und II und das Goldenberg-Werk liegen auf dem ergiebigsten Teil des westdeutschen Braunkohlenvorkommens, dem sogenannten Kölner Revier. Die Grube Fortuna, Abb. 8, ist eine der wenigen Stellen, an denen die Flözmächtigkeit 100 m und mehr beträgt. Aus den westlichen Ausläufern der rheinischen Braunkohle fördert das Kraftwerk Zukunft bei Weisweiler, das gleichfalls im Jahre 1913 errichtet wurde. Die geologischen Verhältnisse seines Abbaugebietes sind sehr merkwürdig. Hier überlagert das Braunkohlenvorkommen die Ausläufer der Steinkohlenflöze des Wurmreviers. Durch ein Zwischenmittel getrennt, liegen braune und schwarze Kohle übereinander.

Abb. 8. Braunkohlengrube „Fortuna"

Abb. 9. Wasserkraftwerk Heimbach an der Urfttalsperre.

Abb. 10. Staubecken des Dhronkraftwerkes der Stadt Trier.

Schließlich sei hier noch ein Braunkohlenkraftwerk erwähnt, das unbedingt in den Bereich der rheinischen Elektrizitätswirtschaft hineingehört, ohne selbst auf den Boden der Rheinprovinz zu liegen: das Kraftwerk Westerwald bei Marienberg. Dieses Kraftwerk (Baujahr 1914) verwertet die bitumenreiche, nesterförmig vorkommende Westerwälder Braunkohle, die geologisch mit der linksrheinischen Braunkohle nicht zusammenhängt.

Wasser- und Gaskraftwerke.

Wasserkraftwerke sind im Rheinlande nur spärlich vertreten. Dies hat seinen Grund einerseits darin, daß größere natürliche Wasserkräfte kaum zur Verfügung stehen, anderseits darin, daß bei dem großen Reichtum an bequemeren Energiequellen der Anreiz für den oftmals umständlichen Ausbau von Wasserkräften gering war. Möglicherweise wird man in der Zukunft anders urteilen. Man spricht bereits von der Ausnutzung einer Reihe von Wasserkräften in der Eifel, im bergischen Land, an der Mosel und Lahn. Vielleicht kommt auch der Rhein mit seinen ungeheuren Wassermengen demnächst als Energiequelle in Betracht. Von den schon heute bestehenden Wasserkraftanlagen ist das Kraftwerk Heimbach an der Urfttalsperre, Abb. 9, mit 13000 kW Leistung der eingebauten Maschinen das wichtigste[1]; außerdem sei das Dhronkraftwerk der Stadt Trier (7500 kW) erwähnt, Abb. 10.

Die mit Gas betriebenen Kraftwerke, die ja in der Elektrizitätswirtschaft des Rheinlandes einen sehr beträchtlichen Raum einnehmen (12,8 vH), sind fast alle in Händen der Industrie, hauptsächlich der Hüttenwerke (Gichtgas) und Kokereien. Die Gaszentralen der August-Thyssen-Hütte in Hamborn gehören zu den größten der Welt. Bedeutende Gaskraftwerke besitzt ferner der Eschweiler Bergwerksverein.

Die Zahl der

Steinkohlenkraftwerke

des Rheinlandes ist sehr groß. Die meisten von ihnen sind frühzeitig entstanden und im Laufe der Jahre mehrfach vergrößert worden. Eines der größten Steinkohlenkraftwerke ist das Kraftwerk Reisholz, das dem RWE gehört. Seine eingebaute Leistung beträgt 75000 kW. Außerdem besitzt das RWE noch eine ganze Reihe von Steinkohlenzentralen, deren bedeutendste in Essen (35000 kW) und Wesel (15000 kW) liegen. Im übrigen geht die Beteiligung der Steinkohle an der Elektrizitätswirtschaft des Rheinlandes aus der Übersichtskarte, Abb. 11, deutlich hervor. Insbesondere besitzt die Mehrzahl der Großstädte zum Teil sehr bedeutende örtliche Kraftwerke, deren Aufzählung im einzelnen zu weit führen würde.

Der Aufbau der westdeutschen Elektrizitätsversorgung ist in der Übersichtskarte, Abb. 11, in großen Zügen schematisch dargestellt. Daß der Plan außer dem Rheinland auch Westfalen umfaßt, hat einen besonderen Grund. Bei der Betrachtung der westdeutschen Elektrizitätswirtschaft lassen sich die beiden Nachbarprovinzen einfach nicht trennen; Rheinland und Westfalen bilden, wie im übrigen, so auch energiewirtschaftlich ein einheitliches Wirtschaftsgebiet.

Abb. 11. Übersicht über die elektrische Fernversorgung im Rheinland.

Wie Abb. 11 erkennen läßt, umfaßt die Elektrizitätswirtschaft des Rheinlandes und Westfalens vier große Versorgungsgebiete, die untereinander in engster Verbindung stehen, sowie zwei mehr oder weniger isolierte Versorgungsgebiete mittlerer Größe. Die ersten vier Hauptgebiete

[1] Z. Bd. 50 (1906) S. 817 u. f.

sind gekennzeichnet durch die Namen: Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk, Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen, Elektrizitätswerk Mark, Elektrizitätswerk Siegerland. Die beiden abseits liegenden Gebiete sind folgende: das gemeinschaftliche Absatzgebiet des Kraftwerkes Zukunft und das Wasserkraftwerk an der Urfttalsperre sowie das Absatzgebiet der Kraftwerke der Stadt Trier. Neben und zwischen diesen sechs Fernversorgungsgebieten gruppieren sich die zahlreichen Einzelkraftwerke, die entweder nur einen rein örtlichen Bedarf befriedigen, oder mit weniger hoher Spannung (unter 25 kV) über nähere Landgebiete verteilen.

Von den vier miteinander gekuppelten Hauptverteilnetzen ist natürlich das Netz des RWE das wichtigste; ihm gehören sämtliche 100 kV-Leitungen Rheinland-Westfalens an. Diese 100 kV-Leitungen, die Hauptadern der elektrischen Fernversorgung, gehen vom Goldenberg-Werk aus strahlenförmig nach Osten, Norden und Süden. Die Nordleitung führt über Osterath nach Wesel, eine Verlängerung über Wesel hinaus nach Osnabrück steht in Aussicht. Die noch nicht vollendete Südleitung reicht heute bis in die Nähe von Koblenz. Von den beiden nach Osten führenden Leitungen verbindet die eine das Goldenberg-Werk über Ronsdorf und die Schaltanlage Letmathe mit dem Netz des Elektrizitätswerkes Mark, die andre geht über Siegburg nach Kreuzthal in das Netz des Elektrizitätswerkes Siegerland. Außerdem ist das Goldenberg-Werk durch je eine 100 000 V-Leitung mit dem Kraftwerk Reisholz und mit den Kraftwerken Fortuna des Rheinischen Elektrizitätswerkes im Braunkohlenrevier A.-G. verbunden. Eine Verbindung mit dem Netz der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen kann nur mittelbar von der Schaltstelle Ronsdorf aus über Barmen und das Gemeinschaftswerk Hattingen hergestellt werden.

Die drei westfälischen Versorgungsnetze sind außerdem untereinander gekuppelt, das Netz der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen mit dem Elektrizitätswerk Mark durch eine Verbindungsleitung zwischen dem Kraftwerk Kruckel und dem Kraftwerk Herdecke, das Elektrizitätswerk Mark mit dem Elektrizitätswerk Siegerland durch eine 50 kV-Leitung, die vom Kraftwerk Siesel über Bamenohl nach der Schaltstelle Kreuzthal führt. Das Elektrizitätswerk Siegerland steht überdies mit dem Elektrizitätswerk Westerland in Marienberg in Verbindung, das anderseits die Stadt Koblenz beliefert.

Das Streben nach fortschreitendem Zusammenschluß wird sich in der Elektrizitätswirtschaft des Rheinlandes und Westfalens immer stärker geltend machen. Es ist wohl nur eine Frage der Zeit, daß auch die isolierten Versorgungsgebiete (z. B. der Bezirk Zukunft-Urfttalsperre) in die Elektrizitätswirtschaft großen Stils einbezogen werden. Mehr und mehr vereinigen sich zerstreut liegende Großkraftwerke zu einem einheitlichen Verteilnetz. Diese gesunde Entwicklung, die ganz dem Wesen der Elektrizitätswirtschaft entspricht, wird im Laufe der Zeit die Häufungsstellen der Elektrizitätserzeugung in Deutschland zu scharf ausgeprägten Brennpunkten der Energiewirtschaft zusammenziehen. Zweifellos ist das Rheinland einer dieser Brennpunkte; zwei weitere finden wir auf der Braunkohle Mitteldeutschlands und an den Wasserkraftanlagen des Bayernwerks.

Eines der größten Ziele der deutschen Elektrizitätswirtschaft ist es nun, diese drei Brennpunkte der Erzeugung durch Höchstspannungsleitungen miteinander zu verbinden und so das ganze Reich zu einem großen Versorgungsgebiet zusammenzufassen. [B 609]

Das Ruhrkraftwerk Hohenstein.

Die Nebenflüsse des Niederrheines und ihre weiteren Zuflüsse kommen für den Betrieb größerer Wasserkraftanlagen verhältnismäßig wenig in Frage. An einigen Stellen liefern zwar Talsperren im oberen Lauf der Flüsse gleichmäßige Wassermengen für die wirtschaftliche Ausnutzung des Gefälles, z. B. die Möhnetalsperre und die Urfttalsperre. Im allgemeinen dienen die zahlreichen Talsperren im niederrheinischen Zuflußgebiet aber mehr der Wasserversorgung, insbesondere für industrielle Zwecke.

Ein neuzeitliches Wasserkraftwerk ist indessen in den letzten Jahren an der Ruhr entstanden, und zwar am Hohenstein bei Witten. Es dient zum Betriebe des Eisen- und Walzwerkes der Firma A. Bredt & Co. und des Gußstahlwerkes Witten, A.-G. Zur besseren Ausnutzung der Wasserkraft wurde an Stelle einer veralteten, am Ende des sogenannten Mühlgrabens gelegenen Anlage ein neues Werk auf der Insel zwischen den beiden Ruhrwehren, also oberhalb des Mühlgrabenwehrs, errichtet. Der Verlust an Gefälle wurde durch Vertiefung der unteren Flußstrecke und Senkung des Unterwasserspiegels um 60 cm sowie durch Erhöhung des festen Überfallwehres um 40 cm ausgeglichen.

Das Gefälle beträgt im Jahresmittel 3,85 m und die Wassermenge 72 m^3/s. In dem rd. 27 m langen und 10 m breiten Maschinenraum sind drei Turbinen von je 27 m^3/s Schluckfähigkeit aufgestellt, die bei 4,3 m Gefäll und 60 Uml./min je 1250 PS leisten. Bemerkenswert ist die jetzt wieder bevorzugte Anordnung mit senkrechter Welle und Übertragung durch Stirnradgetriebe mit 1 : 12½ Übersetzung auf die ebenfalls senkrechte Welle der 3,1 m oberhalb des Maschinenhausbodens auf einer Bühne aufgestellten Schirmdynamos[1]). Die Stromerzeuger laufen also mit 750 Uml./min; sie sind ähnlich wie die Maschinen für Dampfturbinenantrieb mit Magnetrad ohne ausgeprägte Pole für 1350 Uml./min Durchgangsdrehzahl ausgeführt, wobei das Magnetrad auf 120 m/s Umfangsgeschwindigkeit kommt. Die Maschinenspannung beträgt 5000 V, die von den vorhandenen größeren Motoren der gespeisten Betriebe ohne Umsetzung aufgenommen wird.

Die Anlage ist seit Mai d. J. in Betrieb; allerdings fehlt noch die erwähnte Vertiefung des unteren Ruhrbettes durch Ausbaggern. Nach Ausführung dieser Arbeit wird das Werk rd. 10 Millionen kWh im Jahr liefern können. (Deutsche Bauzeitung Bd. 59 (1925) S. 113.) [N 780]

[1]) s. Z. Bd. 68 (1924) Wasserkraftheft, Nr. 15 S. 350.

Der Niedergang der Eifeler Eisenindustrie[1]).

Die Eisenindustrie in der Eifel gehört der Geschichte an. Hütten und Hämmer sind verfallen, und die Teile der Bevölkerung, die sich früher mit der Ausübung der Gewerbe beschäftigten, sind abgewandert oder betreiben vorwiegend Landwirtschaft und Weinbau.

Mehrere ungünstige Umstände führten den Verfall herbei. Statistische Erhebungen lehren, daß man in der Entwicklung im wesentlichen drei Zeitabschnitte unterscheiden muß. Einmal die Zeit bis etwa 1840, das ist die Zeit der Aufwärtsentwicklung, dann von 1840 bis 1855, die Zeit der Wirtschaftskämpfe, in der es der Eifeler Industrie doch immer wieder gelang, sich gegen ausländische und deutsche Mitbewerber durchzusetzen, und die Zeit nach 1855, in der sich der endgültige Niedergang vollzog.

Die in der Eifel gefundenen Eisenerze hätten in der Mitte des 19. Jahrhunderts den damals auftretenden Ansprüchen nach Menge und Beschaffenheit völlig genügt; allerdings waren auch örtliche Schwierigkeiten bei der Erzbeschaffung keineswegs unbekannt. Die Gründe dafür bestanden allerdings nicht im Mangel an Erzen als solchen, sondern in der unvernünftigen Art, in der man sie abbaute. Die Hauptschuld am Verfall trägt dagegen der Mangel der Eifelgegend an Steinkohlen.

War man bisher mit Holzkohle beim Frischen ausgekommen, so war man nach Erfindung des Puddelns und Bessemerns und Einführung des Hochofens auf die Verarbeitung mit Steinkohle angewiesen, die man auf langen Wegen aus benachbarten Gebieten herbeischaffte. Das mußte man zwar auch bei vielen andern Erzvorkommen tun, aber in der Eifel lagen infolge der mangelnden Eisenbahnverbindungen die Dinge besonders schlecht.

Gerade an den ungünstigen Verkehrsverhältnissen ist die Eifelindustrie zugrunde gegangen. Während man in den Jahren des wirtschaftlichen Kampfes bis 1855 noch eine Zunahme der Fördermengen und der Arbeiterzahl (etwa 8000 Arbeiter wurden in der Eifel-Industrie 1855 beschäftigt) feststellen kann als Zeichen dafür, daß sich die Eifelindustrie dem neuen Verarbeitungsverfahren noch einigermaßen angepaßt hat, ging es nach 1855 in wenigen Jahren völlig bergab. Die günstigen Verkehrsverhältnisse der übrigen Erzeugungsgebiete Deutschlands haben von da ab einen Wettbewerb der Eifeler Eisenindustrie nicht mehr erlaubt.

[N 789] Gs.

[1]) Die Eifeler Eisenindustrie im 19. Jahrhundert von Dr. Nic. Bömmels, herausgegeben vom Eifelverein 1925.

Der Werkzeugmaschinenbau des Rheinlandes.

Von Prof. F. W. Hülle, Dortmund.

Entwicklung des Baues von Großwerkzeugmaschinen: Großdrehbänke, Karusseldrehwerke, Bohr- und Fräswerke, Mehrloch- und Viellochbohrwerke, Großhobelmaschinen, sowie des Baues mittlerer Werkzeugmaschinen: Säulenbohrmaschinen, Schleifmaschinen, Automaten und Tischhobelmaschinen.

Entwicklung und Erfolge.

Es sind gerade 115 Jahre vergangen, seitdem die erste Drehbank von England nach dem Festlande gebracht wurde. In diesen zwei Menschenleben hat der Werkzeugmaschinenbau in Deutschland eine großzügige Entwicklung erfahren. Nach der geographischen Lage kann man heute im deutschen Werkzeugmaschinenbau drei Hauptbezirke unterscheiden: den sächsischen, den rheinischen und den Großberliner. Unter ihnen war der rheinische Werkzeugmaschinenbau stets führend. Die hochentwickelte Schwerindustrie am Mittel- und Niederhein und im Aachener Gebiet, die industriereichen Nachbarländer Belgien, Luxemburg und Nordfrankreich auf der einen Seite, das westfälische Industriegebiet und das des Siegerlandes auf der anderen Seite, dazu der Bergbau an Ruhr, Lippe, Lahn und Sieg, und im Gefolge eine ausgedehnte und vielseitige Maschinenindustrie, alle diese verschiedenartigen Industriezweige gaben dem rheinischen Werkzeugmaschinenbau reiche Anregungen und stellten ihm immer wieder neue Aufgaben. Im Verein mit dem rheinischen Unternehmungsgeist und Wagemut war somit der Boden für eine glückliche Entwicklung des Werkzeugmaschinenbaues im Rheinlande geschaffen.

Inmitten der rheinisch-westfälischen Schwerindustrie mußte gerade der Bau von Großwerkzeugmaschinen im Rheinland eine besondere Pflege finden. Man kann wohl sagen, das Rheinland sei die Heimat des Baues schwerer Werkzeugmaschinen. Namen, wie Schieß, Froriep, Breuer & Schumacher haben im In- und Ausland einen guten Klang. Aber auch im Bau mittlerer Werkzeugmaschinen hat das Rheinland achtunggebietende Erfolge aufzuweisen.

Schon ein Gang durch die Graf-Adolf-Straße in Düsseldorf lehrt die Bedeutung dieses Zweiges des rheinischen Maschinenbaues. Während der Bau großer Werkzeugmaschinen auf Einzelfertigung angewiesen ist, haben sich die rheinischen Werkzeugmaschinenfabriken für leichte und mittlere Werkzeugmaschinen ausnahmslos auf Reihenfertigung im Austauschverfahren unter voller Auswertung der jüngsten Fortschritte wissenschaftlicher Betriebsführung eingestellt. Zu nennen sind hier Alfred H. Schütte, Köln-Deutz, Defrieswerke, A.-G., Düsseldorf, usw.

Voraussetzung für diese Entwicklung war, daß der Arbeitsplan der Fabriken auf möglichst wenige Arten und Größen von Werkzeugmaschinen eingestellt wurde. Gerade in dieser Beschränkung haben sich manche Firmen des Rheinlandes als Meister gezeigt. Die Westdeutsche Bohrmaschinengemeinschaft „Webo" in Eckrath baut lediglich freistehende Säulenbohrmaschinen für 10 bis 50 mm Lochdurchmesser. Sie hat ihr Arbeitsgebiet unter drei Fabriken ihrer Betriebsgemeinschaft aufgeteilt. E. Hettner, Münstereifel, und Hermann Kolb, Köln-Ehrenfeld, bauen nur Auslegerbohrmaschinen in wenigen Größen, Ernst Krause & Co., Köln-Ehrenfeld, nur Tischhobelmaschinen usw. Andre Firmen haben ihre Betriebe in Abteilungen für bestimmte Maschinenarten eingeteilt, so daß jede Abteilung eine Sonderfabrik für sich bildet.

Der wirtschaftliche Erfolg dieser Umstellung ist, daß die Fabriken hochwertige Maschinen bei geringsten Selbstkosten erzeugen und so im Wettbewerb erfolgreicher sein können. Verschiedene rheinische Werkzeugmaschinenfabriken schlossen sich zu Verkaufsgemeinschaften zusammen, um die Geschäftsunkosten zu verringern; denn gerade der Werkzeugmaschinenbau muß heute große Summen für eine wirksame Werbearbeit und für die Verkaufstände in größeren Industriestädten aufwenden. Was man in guten Zeiten für unmöglich hielt, hat uns die Not der Zeit gelehrt. Der Gemeinschaftsgedanke könnte auch im Werkzeugmaschinenbau noch weiter gepflegt werden. Er brauchte sich nicht nur auf die Betriebs- und Verkaufsgemeinschaft beschränken, sondern könnte auch auf Einkauf- und Forschungsgemeinschaften ausgedehnt werden.

Für den Werkzeugmaschinenfachmann ist es lehrreich, die Richtlinien zu erforschen, nach denen sich die jüngste Entwicklung des Werkzeugmaschinenbaues vollzogen hat. Gerade der rheinische Großwerkzeugmaschinenbau bietet hierfür ein dankbares Gebiet. Von einer Großwerkzeugmaschine muß man mit Recht eine große Leistung verlangen. So kostspielige Maschinen dürfen nicht mit Unterleistungen arbeiten, sie müssen vielmehr bei den verschiedenen Werkstoffen die zulässigen Schnittgeschwindigkeiten bei stärkstem Span ausnutzen. Das Werkzeug muß daher aus hochwertigem Schnellstahl oder aus Hartmetall bestehen; denn Vorbedingung für leistungsfähige Werkzeugmaschinen sind leistungsfähige Werkzeuge. Die wirtschaftliche Ausnutzung der Schnittgeschwindigkeiten setzt ferner voraus, daß die Großwerkzeugmaschine mit einem Stufenmotor betrieben wird, womit man die Schnittgeschwindigkeit dem Werkzeug und dem Werkstück bequem im Betrieb anpassen kann. Eng verknüpft mit dem Antrieb ist die Forderung nach einem günstigen Wirkungsgrad der Maschine, damit der Stromverbrauch die Betriebskosten nicht zu stark belastet. Bei neueren Werkzeugmaschinen liegen daher die schnellaufenden Wellen in Kugellagern. Die Zapfen der langsamer laufenden Hauptspindel sind gehärtet und geschliffen, ihre Lager sauber aufgerieben, geschabt und gut geölt. Besonderer Wert wird auf genau geschnittene Zahnräder gelegt. Das Leerlaufen von Räderpaaren vermeidet man dadurch, daß man den Geschwindigkeitswechsel mit Schieberädern vollzieht. Große Sorgfalt wird auch auf gute und dauerhafte Führungen der Schlitten und auf zweckmäßige Ausbildung ihrer Steuerungen verwendet. Das vermindert nicht nur die Reibungsverluste, sondern auch die Abnutzung in den Einzelheiten der Maschine.

Der wirtschaftliche Erfolg ist somit eine leistungsfähige Maschine von hohem Wirkungsgrad und großer Lebensdauer. Wie im Kraftmaschinenbau sollte man auch den Wirkungsgrad einer Werkzeugmaschine von Zeit zu Zeit mit einem Leistungsmesser nachprüfen, damit man zu große Arbeitsverluste rechtzeitig beseitigen kann. Die Genauigkeit der Arbeit, die in der heutigen Metallbearbeitung eine große Rolle spielt, setzt völlig ruhigen Lauf der Maschinen voraus. Hier haben die Messungen mit dem Fühlhebel viel Anregung gegeben, da man den Fehlerquellen nachgehen konnte.

Die wirtschaftliche Ausnutzung einer Werkzeugmaschine stellt aber noch eine weitere Bedingung, nämlich die Bedienungszeiten auf das Kleinstmaß herabzusetzen. Es war daher wichtig, gerade Großwerkzeugmaschinen vom Arbeitsstand aus steuern zu können. Diese Entwicklung drückt sich im Zusammenlegen der Handgriffe zu übersichtlichen Bedienungsfeldern am Spindelstock für die Hauptbewegung und an den Schloßplatten für die Vorschubbewegungen aus. Schalttafeln geben dabei die Schaltrichtung, die Umlaufzahlen und die Vorschübe an. Zusammenarbeit von Maschinenbau und Elektrotechnik hat hier besonders segensreich gewirkt. Mit der Druckknopfsteuerung und elektrischen Sicherheitsvorrichtungen gegen Anrennen der Schlitten und mit den Hilfsmotoren für die Eilbewegungen beim Einstellen der Maschine hat der Arbeiter auf seiner Steuerbühne Maschinen von den größten Ausmaßen so in der Gewalt, daß sie einem Fingerdruck folgen. Dabei wird die Betriebsicherheit durch die neu eingeführte Druckölschmierung wesentlich erhöht, wobei eine Ölpumpe das Öl durch Rohrleitungen nach den verschiedenen Laufstellen drückt.

Auch in der äußeren Formgebung sind Fortschritte zu verzeichnen. Heute herrscht im Großwerkzeug-

maschinenbau die gerade und glatte Fläche vor, die das Reinhalten außerordentlich erleichtert. Abnehmbare Deckel lassen die Räder leicht überwachen. Dabei ist wesentlich, daß man auch die schweren Teile leicht aus- und einbauen kann. Der Raumbedarf der Großwerkzeugmaschinen läßt sich nur durch hochwertige Baustoffe auf ein Mindestmaß herabdrücken. Diese Richtlinien werden sinngemäß auch auf den Bau von mittleren und leichteren Werkzeugmaschinen übertragen.

Abb. 1 bis 3. Großdrehbank von 2 m Spitzenhöhe der

Doch mehr als Worte reden die Taten des rheinischen Großwerkzeugmaschinenbaues. Am Rhein wurde die größte Drehbank des Festlandes gebaut. Sie rührt von der Maschinenfabrik Schieß A.-G., Düsseldorf, her und hat bei 2,5 m Spitzenhöhe und 16 m Spitzenweite das stattliche Gewicht von 350 t.

Großdrehbänke.

Die oben angeführten Richtlinien lassen sich bei der Großdrehbank von 2 m Spitzenhöhe und 15 m Spitzenweite der Kalker Werkzeumaschinenfabrik A.-G., Abb. 1 bis 3, verfolgen. Der regelbare Gleichstrommotor ist durch eine elastische Kupplung mit dem Spindelstock gekuppelt. Mit Druckknopftafeln am Spindelstock und an jedem der drei Werkzeugschlitten kann man von den vier Schaltbühnen aus den Motor anlassen, stillsetzen, schneller oder langsamer laufen lassen und so die wirtschaftliche Schnittgeschwindigkeit für Werkstück und Werkzeug einregeln. In dem allseitig geschlossenen und glatten Räderkasten sind die schnellaufenden Wellen auf Kugeln, die Hauptspindel dagegen mit sauber geschliffenen Zapfen in nachstellbaren Bronzeschalen gelagert, wobei der Spindeldruck durch ein starkes Kugellager aufgenommen wird.

Zum Wechseln der Geschwindigkeiten dienen Schieberäder, so daß kein Rad unnütz mitläuft. Die Handräder sperren sich gegenseitig, was Fehlschaltungen vorbeugt. Auf einem Bedienungschilde kann man die Hebelstellungen und die Drehzahlen der Hauptspindel ablesen. Eine besondere Anordnung der Rädervorgelege macht die Drehbank auch für die wirtschaftliche Ausnutzung der Hartmetallwerkzeuge, wie Stellit, Caedit und Akrit, verwendbar. Die breite Planscheibe hat eine volle Vorderwand mit eingehobelten T-Nuten. Ihr Zahnkranz aus geschmiedetem Stahl hat breite und feine Verzahnung, und die zugehörigen Antriebräder sind doppelt gelagert, was ruhigen Gang der Maschine gewährleistet.

Sämtliche Laufflächen werden von einer Druckölschmierstelle aus mit sichtbarem Tropfenfall geschmiert. Man kann daher die Schmierung leicht beobachten und so die Lager vor Warmlaufen schützen. Die drei kräftigen Werkzeugschlitten haben Flachführung, die sich bei schweren Bänken besser als Dachführung bewährt. Jeden Schlitten kann man in den Führungen mit Keilleisten rasch und genau nachstellen. Die Schloßplatten enthalten die Züge für das Lang- und Plandrehen, sowie zum Hand- und Schnellverstellen nach allen Richtungen. Der schwere Reitstock hat eine den auftretenden Beanspruchungen entsprechende Form. Er wird an der Zahnstange des Bettes durch einen Motor oder mittels Handrades verstellt und mit einer Sperrklinke gegen Zurückgehen gesichert. Von der Schaltbühne aus setzt man mit dem großen Spillrad den Reitnagel an.

Infolge der Eigenart des rheinischen Großmaschinenbaues haben gerade senkrechte Dreh- und Bohrwerke oder Karusseldrehbänke eine weitgehende Durchbildung erfahren. Die Maschinenfabrik Schieß, A.-G., die Kalker Werkzeugmaschinenfabrik und die Defries-Werke sind hier führend. Die Firma Schieß hat den Ruhm, die größte Karusselldrehbank des Festlandes gebaut zu haben, deren Planscheibe 11 m Dmr. hat. Auf der Leipziger Maschinenschau 1925 stellte sie vier Einständer-Drehwerke von 600, 700 und 1050 und 1250 mm Dmr. und fünf Zweiständerdrehwerke von 1250, 1500, 2250, 3000 und 8000 mm Drehdurchmesser aus. Das große Dreh- und Bohrwerk, Abb. 4, hat eine Planscheibe von 7600 mm Dmr., drei Werkzeugschlitten auf dem Querträger und einen vierten auf dem rechten Ständer. Der linke Werkzeugschlitten ist zum Stoßen eingerichtet. Sein Stößel wird hierzu vom Hubmotor am Fuße des linken Ständers angetrieben und durch eine Anschlagscheibe gesteuert. Mit einer Drehscheibe läßt sich der Stößel schräg stellen, so daß man senkrechte und schräge Flächen stoßen kann. Der mittlere Frässchlitten kann eine Vorrichtung aufnehmen, die senkrecht und wagerecht bohrt und auch Flächen anfräst. Für die Fräsarbeiten hat die Planscheibe eine selbsttätige Feineinstellung, die man auch mit der Hand bedienen kann, und eine Teilvorrichtung, damit man Ringe, Gehäuse ohne Anreißen bohren, fräsen oder stoßen kann. Beim Feineinstellen sind Haupt- und Vorschubantrieb in jeder Richtung gesperrt, und beim Fräsen ist sogar die stillstehende Planscheibe festgebremst.

Abb. 2. Ansicht des Spindelkastens.

Bei so großen Dreh- und Bohrwerken sind elektrischer Einzelantrieb mit Druckknopfsteuerung, ein Hubmotor zum schnellen Verstellen des Querträgers und der vier Werkzeugschlitten mit Grenzschaltern gegen Anrennen selbstverständlich. Die Werkzeugschlitten auf dem Querträger haben rechts und links besondere Vorschubräderkasten, so daß sie voneinander unabhängig arbeiten können.

Kalker Werkzeugmaschinenfabrik. M. 1 : 75.

a Schaltbühne
b Spindelstock
c Reihenmotor
d Planscheibe
e Zugspindel
f vorderer Werkzeugschlitten I
g vorderer Werkzeugschlitten II
h hinterer Werkzeugschlitten III
i Reitstock
k Spillrad
l Schaltbühne.

Abb. 3. Schnitt durch die Betten mit vorderem und hinterem Werkzeugschlitten.

Die größten Werkstücke, für die ein Zweiständer-Drehwerk gebaut ist, kommen aber verhältnismäßig selten vor, so daß die Maschine oft mit kleineren Werkstücken belegt wird. Diese Erkenntnis hat die Kalker Werkzeugmaschinenfabrik zum Bau der Einständer-Dreh- und Bohrwerke mit verschiebbarem Ständer geführt. Kennzeichen dieser Einständermaschine, Abb. 5 bis 7, ist, daß der schwere Unterbau zwar dem größten Drehdurchmesser angepaßt, die Planscheibe jedoch kleiner bemessen wird. Man kann aber an die stark ausgebildete Scheibe Verlängerungsstücke anbauen und so den Drehdurchmesser vergrößern, Abb. 8.

Der Hauptständer ist äußerst standhaft gebaut und mittels eines Motors auf dem Dreibahnenbett auf den Drehdurchmesser einzustellen. Der Querträger ist ein Körper gleicher Festigkeit, der sich mit einer starken Rückenlehne gegen die linke Seitenfläche des Ständers stützt. Man könnte die Maschine als eine Einständer-Hobelmaschine mit Drehtisch bezeichnen. Im Vergleich zu der Zweiständermaschine hat das Einständerbohrwerk ein geringeres Gewicht und dementsprechend geringere Anschaffungskosten, ferner braucht es weniger Raum und billigere Fundamente, es behindert das Auf- und Abspannen weniger, und man kann darauf auch verhältnismäßig kleine Werkstücke wirtschaftlich bearbeiten.

In ihren Einzelheiten folgt die Maschine den oben gegebenen Richtlinien. Es verdient nur noch erwähnt zu werden, daß die Maschine lange Meißelwege in einem Zug ausführen kann, da die Lyra mittels einer besonderen Führungsleiste am oberen Querträger gestützt und festgeklemmt wird. Man kann daher darauf Zylinder ohne Bohrstangen ausbohren und damit viel Zeit sparen.

Wagerecht-Bohr- und Fräswerke.

Auch auf dem Gebiete der wagerechten Bohr- und Fräswerke, die ebenfalls Werkzeugmaschinen für den Großmaschinenbau sind, hat der rheinische Werkzeugmaschinenbau tatkräftig mitgewirkt. Das Bohr- und Fräswerk von 150 mm Spindeldurchmesser der Defries-werke, A.-G., Düsseldorf, Abb. 9, ist nach den neuesten Fortschritten gebaut. Der Antrieb der Bohrspindel wird von einem Gleichstrommotor am Fuße des Ständers über eine senkrechte Welle hergeleitet, so daß man das ganze Triebwerk in einem geschlossenen Spindelkasten am Bohrschlitten unterbringen kann, der gefällige und einfache Form erhält, leicht zugänglich ist und an der Hand der Bedienungsschilder eine gute Übersicht über die

Abb. 4. Dreh- und Bohrwerk der Maschinenfabrik Schieß, A.-G., von 7600 mm Planscheiben-Dmr.

Abb. 5 bis 7. Einständer-Karusseldrehwerk von 4000/7000 Drehdmr. M. 1 : 100.

a Hauptständer
b Seitenschlitten
c Querträger
d oberer Werkzeugschlitten
e Bohrschlitten
f Motor zum Verschieben
g Hubmotor
h Antrieb für die Planscheibe.

Schalthebel gewährt. Dabei lassen sich die Handgriffe auf die Mindestzahl beschränken und ihre Bewegungen sinnfällig durchführen. Durch einwandfrei wirkende Sicherheitsauslösungen kann man Betriebstörungen beim Anlaufen oder Überfahren der Schalt- oder Einstellwege vorbeugen. Vor allem läßt sich auch das ganze Triebwerk von einer Stelle aus sicher schmieren.

Abb. 8. Bearbeiten von Kreuz und Nabe eines großen Schwungrades auf der Maschine, Abb. 5 bis 7, bei vergrößerter Planscheibe.

Die Genauigkeit der Arbeit hat man bei dieser Maschine neuerdings durch eine mehrgängige Leitspindel erhöht, die den Lagerschuh auf den Schmalführungen des Auslegers verschiebt und so den Bohrvorschub erzeugt. Dabei kann man die Bohrspindel durch das Lager nachschieben, also große Bohrtiefen ohne Absetzen ausführen.

Im Zusammenarbeiten mehrerer Bohrwerke an einem schweren Werkstück zeigt sich besonders augenfällig, wie der Großkraftmaschinenbau den Werkzeugmaschinenbau befruchtet hat. Die schweren Gestelle von Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Großgasmaschinen und Gebläsen werden beim Bearbeiten auf einer großen Platte festgespannt und bleiben während der ganzen Bearbeitung in Ruhe. Dabei kann man an dem Werkstück mit mehreren Maschinen zugleich arbeiten.

Die Maschinenfabrik Schieß, A.-G., Düsseldorf, hat für die MAN, Nürnberg, ein vereinigtes Zweiständer- und Einständerbohr- und fräswerk gebaut, womit man schwere Werkstücke senkrecht, schräg und wagerecht von allen Seiten bohren und fräsen kann. Die Anlage, die in dieser Zeitschrift schon eingehend dargestellt worden ist[1]), umfaßt ein auf zwei Längsbetten fahrbares Zweiständerbohrwerk, auf dessen senkrecht verstellbarem Querträger zwei schrägstellbare Bohr- und Frässchlitze sitzen. Auf dem rechten Längsbett steht ein fahrbares Ein-

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 865.

ständerbohrwerk mit drehbarem Ständer und schrägstellbarem Spindelstock. Den Gegenständer trägt das linke Längsbett. Natürlich läßt sich diese Anlage noch durch weitere Maschinen ergänzen. Von den Aufspannplatten zwischen den Längsbetten kann man einzelne fortlassen, so daß vorstehende Teile an Werkstücken in die Grube hineinragen können.

Der elektrische Antrieb ist hier so ausgebildet, daß die Maschinen von einander unabhängig sind. Diese Unabhängigkeit wird durch fünf Umkehrmotoren erreicht, wovon vier regelbar sind. Das Zweiständerbohr- und -fräswerk hat auf dem Querbalken einen Motor zum Schnellverstellen und für den Fräsvorschub des Rahmenständers sowie zum schnellen Verstellen des Querträgers. Jeder Bohrschlitten trägt einen Motor für Antrieb und Vorschub der Bohrspindeln, ebenso der Bohrschlitten des Einständerbohrwerkes. Die drei Hauptantriebmotoren sitzen daher in nächster Nähe der Hauptspindeln und vermeiden alle Zwischengetriebe. Der fünfte Motor ist am Fuße des Einständerbohrwerkes angebracht und dient zum Drehen des Ständers. Zur Vereinfachung der Bedienung sind fünf Druckknopftafeln vorhanden.

Der Gedanke, Werkstücke mit mehreren Werkzeugen zugleich bearbeiten zu können, hat gerade im schweren Bohrmaschinenbau äußerst bemerkenswerte Bauarten von Mehrloch- und Viellochbohrmaschinen gezeitigt. Auch hier hat der rheinische Werkzeugmaschinenbau unbestrittene Erfolge zu verzeichnen. Die Firma Habersang & Zinsen, Düsseldorf, baut Mehrlochbohrmaschinen für Löcher in gerader Reihe und auf Lochkreisen. Ihre neueste Ausführung zeigt Abb. 10. Die Maschine arbeitet halb selbsttätig, d. h. der Spindelkorb geht mit dem Bohrvorschub nach unten, bohrt die Löcher, steuert selbsttätig in den schnellen Rücklauf um und setzt in der Höchstlage den Bohrschlitten still. Bemerkenswert ist die Führung des Spindelkorbes an schrägen Seitenflächen des Ständers, die auch einseitige

Abb. 10. Mehrloch-Bohrmaschine von Habersang & Zinsen, Düsseldorf.

a Dauernder Ölumlauf durch sämtliche Antriebteile
b Sondertisch mit drehbarer Aufspannplatte
c Spindelstock schnell abwärts
d selbsttätiger Vorschub und schneller selbsttätiger Rücklauf des Spindelkastens
e Umkehrgetriebe
f Geschwindigkeitswechsel
g Vorgelege zum Reiben und Gewindeschneiden
h Antriebreibkupplung.

Belastungen aufnimmt. Die Schmierung der vielen Laufstellen hat hier eine gute Lösung gefunden. Eine Ölpumpe im unteren Räderkasten setzt das Öl im Räderkasten am Ständerkopf in dauernden Umlauf. Ein Überlauf führt das Öl durch ein ausziehbares Rohr zu den Rädern in dem oberen Spindelkorb. Von hier aus fließt das überschüssige Öl wieder in den unteren Räderkasten zurück. Die Bedienung der Maschine ist sehr einfach. Das große Handkreuz am Spindelkorb enthält eine Spreizringkupplung, die mit dem Druckhebel den Vorschub oder die schnelle Rückbewegung augenblicklich ausschaltet, so daß man den Spindelkorb auch mit der Hand in die gewünschte Lage bringen kann. Zudem läßt sich der Spindelkorb noch mit dem Fußhebel schnell nach unten holen.

Im Motorenbau werden derartige Mehrlochbohrmaschinen zu Bohrmaschinenstraßen zusammengestellt. In fahrbaren Aufspannkästen wandern die Motorgehäuse oder Zylinder unter die Maschinen, wo sie nach Lehren gebohrt werden.

Weit höhere Ansprüche an die Leistungsfähigkeit einer Bohrmaschine stelt der Schiffbau, insbesondere der Reihenschiffbau. Gibt es hier doch Platten mit mehr als 1000 Löchern zu bohren. Was liegt daher näher, als Viellochbohrmaschinen gerade für den Reihenschiffbau zu bauen, zumal sie ganze Pakete von Blechen auf einmal bohren können. Die Überwege des Bohrers und die Zeit für das Einstellen der Maschine verteilen sich auf eine größere Zahl von Blechen. Man spart das Anreißen, da man nach Lehren bohren kann. Will man die Nietlöcher der Längs- und Quernaht in einem Gange bohren, so erhält die Maschine entsprechend viele Bohrspindeln auf einem Querträger und ebenso auf zwei Seitenständern.

Abb. 9. Wagerechtes Bohr- und Fräswerk von 150 mm Spindeldurchmesser der Defrieswerke, A.-G., Düsseldorf.

a Schnittanstellung der Planscheibe
b Bohrspindel-, Schlitten- und Ständerhandbewegung
c Vorschub-Größenwechsel
d Fräs- oder Bohrvorschübe
e Einrücken der Handbewegungen
f Borspindelbewegung, schnell oder fein
g Geschwindigkeitswechsel
h Eilbewegungen oder Vorschübe
i Wechsel der Bewegungsrichtungen
k Schlitten- oder Ständerbewegung
l Aus- und Einrücken sowie Umsteuern der Maschine.

Auch diese Viellochbohrmaschine hat im Rheinland ihren Erbauer gefunden, und zwar in der Maschinenfabrik Schieß A.-G., Düsseldorf. Bei einer selbsttätigen Viellochbohrmaschine dieser Firma sind auf dem Querträger der beiden Ständer 32 Bohrspindeln angeordnet, womit die Löcher in der Quernaht gebohrt werden. Die beiden Seitenständer tragen Bohrschlitten mit je 12 Spindeln, die sich auf die Teilung der Längsnaht einstellen lassen.

Die Maschine bohrt daher mit einem Gang alle 56 Löcher eines Spantenfeldes. Dabei gehen der Querträger und die beiden Seitenschlitten mit dem Bohrvorschub nach unten, bohren und steuern mit schnellem Rücklauf um. Nach jedem Rückgang wird der Aufspanntisch mit dem Blechpaket durch einen Wechselräderantrieb um eine Spantenentfernung vorgeschoben. Auf einem Viellochbohrwerk mit 32 Spindeln auf dem Querträger hat man Pakete aus 8 Blechen von je 12 mm Dicke mit je 1000 Löchern in 275 min gebohrt, was einer stündlichen Bohrleistung von 1750 Löchern entspricht.

(Schluß folgt.) [B 630]

Geschmiedete Spiralbohrer.

Bei Spiralbohrern ist die Maß- und Formgenauigkeit von großem Einfluß auf Leistungsfähigkeit und Lebensdauer. Deshalb werden die Bohrer in den meisten Fällen gefräst, obschon die beim Walzen des Stabes gebildete Faserstruktur durch das Herausfräsen der Nuten zerschnitten und somit die Widerstandfähigkeit des Werkstoffes ungünstig beeinflußt wird. Die Formgebung im warmen Zustande durch Walzen, Pressen oder Schmieden vermeidet diesen Nachteil, wird jedoch trotz des Verlustes an Werkstoff und des erhöhten Verbrauches an Fräsern bei gefrästen Bohrern wegen der Kosten der Profilwalzen, Schmiede- und Preßgesenke erst wirtschaftlich bei Durchmessern von 16 mm an. Mit wachsendem Durchmesser verschieben sich dann die Verhältnisse zugunsten der Warmformung.

RZ788Z1

Abb 1. Schliffbild eines geschmiedeten Bohrers.

Um zu prüfen, welches Herstellverfahren die leistungsfähigsten Bohrer liefert, stellte vor einiger Zeit Prof. Dr.-Ing. Schmitz im Technologischen Institut der Technischen Hochschule Braunschweig Vergleichversuche mit fabrikneuen Bohrern verschiedener Herkunft an, die nach Angabe der Hersteller bezüglich des Werkstoffes annähernd gleichartig waren. Bei den Versuchen[1]) wurde so vorgegangen, daß mit je drei Bohrern der gleichen Herkunft Löcher von je 60 mm Tiefe in Werkstoff von 42, 54, 71 und 92 kg/mm² Festigkeit gebohrt wurden, wobei man den Vorschub und teilweise auch die Geschwindigkeit für jedes neue Loch erhöhte. Die gefrästen Bohrer verhielten sich ganz verschieden. Teilweise entsprachen sie in keiner Weise den Erwartungen, die entsprechend ihrer Herkunft an sie gestellt worden waren. Von den aus vorgewalztem Werkstoff gefrästen Bohrern erwies sich einer als zu schwach beim Bohren in hartem Material; er brach in der Walzrichtung, zugleich drehte sich der Einspannkegel auf, ein andrer Bohrer versagte bereits bei weichem Material. Sehr gute Ergebnisse konnten bei einem gefrästen und einem geschmiedeten Bohrer festgestellt werden. Ein nach dem Versuch angefertigtes Schliffbild des geschmiedeten Bohrers, Abb. 1, zeigt, daß die Doppelkarbide, von denen die Härte des Bohrers abhängig ist, genau der Spirale folgen. Der Mehraufwand an Löhnen usw. für die schwierigere Anfertigung geschmiedeter Bohrer wird durch die bessere Ausnutzung des hochwertigen Stahles beim Schmieden wettgemacht.

An der Herstellung geschmiedeter Bohrer, deren Wirkungskreis sich allmählich erweitert, ist das Rheinland lebhaft beteiligt. Zum Beispiel stellt die Firma Hephaestus-Werke, A.-G., Vohwinkel (Rhld.), geschmiedete Spiralbohrer her und unterzieht sie nach dem Schmieden einer Glühbehandlung in luftdicht verschlossenen Muffeln, um alle durch das Schmieden entstehenden Spannungen zu beseitigen. Wenn auch ein endgültiges Urteil über den Wert eines bestimmten Herstellverfahrens noch nicht gefällt werden kann, so haben die Versuche immerhin die Eignung der geschmiedeten Bohrer erwiesen. [M 788] Kd. M.

[1]) Ein Versuchsbericht erscheint demnächst in der Zeitschrift „Maschinenbau".

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Heft 32 erscheint als Rheinlandheft II mit Beiträgen über Rheinbrücken, Rheinhäfen, Rheinschiffahrt, Werkzeugmaschinen u. a.

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 8. AUGUST 1925 NR. 32

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1076.

Rheinlandheft II.

Rheinbrücken.

Von Geh. Baurat Dr.-Ing. eh. M. Carstanjen, Biebrich a/Rhein.

Historische Entwicklung — Im vierten Jahrhundert Bau zahlreicher Rheinbrücken durch die Römer — Stillstand während des Mittelalters — Seit dem 19. Jahrhundert Eisenbau — Entwicklung der Trägerformen und der gesamten schönheitlichen Ausgestaltung bis zur Gegenwart.

Eisenbahnbrücke Rüdesheim, von einem rheinabwärts gelegenen Standpunkt aus.

Ein lebhafter Schiffsverkehr in der Längsrichtung eines großen Stromes muß mit der Zeit auch einen lebhaften Querverkehr auslösen. Es geht dabei etwas Ähnliches vor wie mit einer Flüssigkeit, die ein allseitig geschlossenes Gefäß vollständig ausfüllt: Übt man — etwa von einem Hals oder einer Anbohrung des Gefäßes aus — auf irgendeine Weise auf irgendein Teilchen der Flüssigkeit einen Druck in bestimmter Richtung und bestimmter Stärke aus, so pflanzt sich dieser nicht nur nach der Richtung des Antriebes, sondern nach allen Richtungen des Raumes und auf alle Teilchen der Flüssigkeit in der gleichen Stärke fort.

Der Querverkehr über die Flußläufe bedient sich anfänglich der Fähren und bei weiterer Entwicklung der Schiffbrücken. Aber in dem Maße, in welchem er stärker anwächst und für die Bedürfnisse und das Wohl der Uferanwohner unentbehrlicher wird, verlangt er feste Bauten, die unabhängig von Jahreszeit, Witterung, Hochwasser und Eis ohne Unterbrechung benutzbar bleiben. Sie erhalten an einem großen Strom, wie dem Rhein, gewaltige Abmessungen: gleich Kuppeln und Türmen bilden sie Wahrzeichen der Städte und den Stolz ihrer Einwohner. Überdies dürfen viele Rheinbrücken als Marksteine auf dem Wege der Entwicklung der deutschen Brückenbaukunst angesehen werden; und wenn es daher gilt, die vor 1000 Jahren erfolgte Wiedervereinigung zeitweilig abgetrennter rheinischer Landschaften mit dem Mutterland zu feiern und dabei die kulturelle Bedeutung der wiedervereinigten Rheinlande für unser gesamtes deutsches Vaterland hervorzuheben, so dürfen ihre Verdienste um den deutschen Brückenbau nicht vergessen werden. Ihnen seien daher die nachfolgenden Ausführungen gewidmet!

Sämtliche heute zwischen Basel und der holländischen Grenze vorhandenen Rheinbrücken sind nach dem Jahre 1850, also in den letzten 75 Jahren gebaut worden, und es drängt sich die Frage auf: was ist in den vorangegangenen Jahrhunderten zur Befriedigung des Verkehrsbedürfnisses geschehen?

Bekannt ist, daß die Römer die ersten Rheinbrücken gebaut haben, u. a. bei Mainz, Koblenz, Neuwied und Köln. Diese Bauwerke hatten lediglich strategische Bedeutung, indem sie unter dem Schutz stark befestigter Lager auf dem linken Ufer die Kriegszüge des Cäsar, Drusus, Tiberius, Varus und Germanicus nach der rechten Rheinseite ermöglichten. Über ihren Bau haben wir nicht nur Kenntnis durch Cäsar selbst, sondern auch aus Überresten, die bis in die neueste Zeit hinein im Bett des Rheins vorgefunden wurden.

Danach umschlossen Holzwände aus wagerechten, mit einander wohlverzimmerten Balken zwischen eingerammten, mit eisernen Spitzen versehenen Rundpfählen die Baugruben der Pfeiler. Querwände bildeten zusammen mit den Umfassungen kofferartige Gefache, die mit Steinen sorgfältig ausgepackt waren. Die Öffnungen zwischen den Pfeilern scheinen durch sprengwerkartige Holzbauten, welche die Form von Gewölben hatten, überbrückt gewesen zu sein. Über die Dauer dieser Bauten wissen wir nichts.

Dreihundert Jahre später unter der Regierung Constantins des Großen wurde die Colonia Agrippinensis mit einem gleichzeitig mit der Deutzer Seite als Brückenkopf gebauten starken castrum durch eine Brücke verbunden, von der noch in neuerer Zeit in der Nähe des Kölner Ufers drei Pfeilerreste in Abständen von je 96 kölnischen Fuß (rd. 30 m) von einander gefunden wurden. Die zu 2590′ (rd. 850 m) angegebene Brückenlänge läßt somit und 27 Öffnungen schließen, und deren lichte Weite wird bei 18′ (5,9 m) Pfeilerbreite 78′ oder etwa 24,5 m betragen haben.

Es scheint aber festzustehen, daß auch diese Brücke weder steinerne Bogen noch massive Pfeiler besaß. Trotzdem wurde sie von den Zeitgenossen als ein Werk immerwährender Dauer angesehen. Sie sollte den Triumph des Kaisers über die Franken versinnbildlichen und dem Schutz der Reichsgrenze dienen. Indessen scheint sie schon im Jahr 869 entweder nicht mehr vorhanden oder nicht mehr betriebsfähig gewesen zu sein, denn es wird aus jenem Jahr berichtet, daß nach der Wahl des Bischofs Willibert in Deutz die Wähler zu Schiffe nach Köln zurückkehrten. Nach einer anderen Nachricht soll erst 100 Jahre später der Erzbischof Bruno, der Bruder Ottos des Großen, die Brücke niedergelegt und die Steine von ihr und dem Deutzer Kastell zum Bau des Klosters St. Pantaleon in Köln verwendet haben[1]).

Aber wie dem auch sei, die Brücke wurde jedenfalls nach ihrer Zerstörung oder ihrem Verfall nicht wieder aufgebaut, und Neubauten fester Brücken über den Rhein wurden in den nächsten 1000 Jahren bis zur Mitte des neunzehnten Jahrhunderts nicht ausgeführt.

Das lag nun keineswegs daran, daß das Bedürfnis gefehlt hätte. Denn gerade in dieser Zeit entfaltete sich am Rhein ein reiches Wirtschafts- und Kulturleben. Der natürliche Reichtum des Landes begünstigte Ackerbau und Gewerbe. Der Handel des Grenzlandes wurde durch den Verkehr mit den schon weiter fortgeschrittenen westlichen Nachbarländern besonders angeregt. Dabei herrschte eine rege Bautätigkeit: allerorts entstanden Kirchen, Klöster und hochragende Dome, die den rheinischen Städten und Ortschaften, ja der ganzen rheinischen Landschaft noch heute ihr Gepräge geben. Ihre Ausführung belebte die anderen Künste, die Bildnerei, die Goldschmiedekunst und vor allem die Malerei, die sich zu hoher Blüte entwickelte.

Eine so rege und vielseitige Tätigkeit mußte notwendig einen lebhaften Verkehr anregen. Auch verstand man damals die Kunst des Brückenbaus durchaus: man braucht nur an die zum Rheingebiet gehörigen alten Brücken über den Main in Frankfurt und über die Mosel in Koblenz zu denken, die beide in diesem Zeitraum — etwa um 1340 — gebaut wurden. Und doch fühlte man sich durch technische Schwierigkeiten gehemmt.

An den Römerbrücken wird man gelernt haben, daß der mächtige Rheinstrom sich Brückenöffnungen von 25 bis höchstens 35 m Weite, wie sie seit den Römerzeiten üblich waren, auf die Dauer nicht gefallen läßt, weil sie für die Abfuhr seiner Hochwasser- und Eismassen nicht genügen und auch in reißender Strömung der Schiffahrt gefährlich sind.

Aber weite Öffnungen vermochte man damals nur mit Halbkreisgewölben zu überbrücken, die indessen eine so hohe Lage der Fahrbahn bedingen, daß sie für Strombrücken nicht in Betracht kommen, und Segmentbogen, die wir heute in solchen Fällen anzuwenden pflegen, getraute man sich noch nicht zu bauen, weil man dazu die Statik noch nicht weit genug beherrschte.

Das wurde erst anders, als um die Mitte des vorigen Jahrhunderts die Eisenbahnen drängten, über die Ströme hinübergeführt zu werden, und als gleichzeitig im Eisen sich ein neuer Baustoff darbot, der die Überspannung weiter Öffnungen ermöglichte. Es begann damit eine Zeit rascher und glänzender Entwicklung des Rheinbrückenbaus, die wir verfolgen wollen. Zunächst einige Worte über die Pfeilergründungen.

Die Brückenpfeiler bieten dem Strom gefährliche Angriffpunkte. An ihrem Kopf bilden sich Anstauungen und an ihrem Fußende Senkungen des Wassers, so daß zwischen beiden eine örtliche Vermehrung des Gefälles entsteht. Dazu verursachen die Pfeiler Einschnürungen der zwischen ihnen durchströmenden Wassermassen. Durch Zusammenwirken beider Momente entstehen am Pfeilerkopf Saugwirkungen, die bis tief hinab die Flußsohle aufwühlen und das Grundmauerwerk unterwaschen, sofern es nicht dagegen geschützt ist. Ähnliche, wenn auch nicht gleich heftige Vorgänge gefährden den Pfeilerfuß, und die Gründung hat alle diese Erscheinungen zu berücksichtigen.

Die ersten Rheinbrücken wurden trotzdem nur in geringer Tiefe unter der Flußsohle auch bei viel tieferer Lage des tragfähigen Baugrundes gegründet. Diesen erreichte man durch Pfähle, die durch die lockeren Zwischenschichten hindurch gerammt wurden. Indem man aber vorher die ganze Baugrube durch eine dichte Spundwand umschlossen hatte, so daß beim Eintreiben der Pfähle der Boden nicht seitlich ausweichen konnte, so mußte er durch das Rammen verdichtet werden und dadurch ebenfalls einige Tragfähigkeit erhalten, die die Sicherheit erhöhte. Die eingerammten Pfähle ließ man mit ihren oberen Enden in eine starke Betonplatte eingreifen, auf der sich das Pfeilermauerwerk aufbaute. Der Pfeiler stand somit auf einer Pfahlbürste, die sein Gewicht unmittelbar auf den tragfähigen Baugrund übertrug. Die das ganze Grundmauerwerk umschließende Spundwand schützte dieses indessen noch nicht völlig gegen Unterwaschungen, denn sie konnte noch selbst unterwaschen werden. Deshalb umgab man sie ringsum mit mächtigen Steinwürfen, die sorgsamst zu unterhalten und meist nach jedem Hochwasser aufzufüllen waren.

Das sind die sogenannten Flachgründungen, die etwa bis in die 90er Jahre bei den Rheinbrücken ausschließlich üblich waren, dann aber verlassen wurden, nicht etwa weil sie nach den inzwischen gemachten Erfahrungen doch nicht die nötige Sicherheit geboten hätten, sondern weil die Tiefgründung, durch die das Bauwerk unmittelbar auf den tragfähigen Boden gestellt wird, immerhin eine noch größere Sicherheit bietet. Auch kommt hinzu, daß die mit den neuzeitlichen Flußverbesserungen fast immer verbundenen Vertiefungen der Flußsohle oft so weit gehen, daß schließlich die Flußsohle tiefer als die Sohle des flach gegründeten Bauwerks liegt: ein Zustand, der zwar noch keine unmittelbare Gefahr bedeutet, aber doch eine erhöhte Wachsamkeit bei der Unterhaltung erfordert, von der schließlich die Sicherheit abhängig gemacht wird. Daher ging man in den 90er Jahren bei dem Bau neuer Rheinbrücken allgemein zur Tiefgründung über.

Bei der Tiefgründung wird der tief liegende tragfähige Boden stets durch Absenken unten offener aber oben geschlossener Senkkasten aus Eisen oder Eisenbeton, ausnahmsweise auch aus Holz, erreicht, aus denen das Wasser mittels Druckluft verdrängt wird. Sie werden durch ihr eigenes Gewicht, dessen Höhe sich durch mehr oder weniger raschen Aufbau des Mauerwerkes nach Bedarf regeln läßt, in die Tiefe getrieben, wobei der Boden durch Arbeiter gelöst wird, die durch Luftschleusen in das Innere des Kastens einsteigen, wie auch der gelöste Boden mittels Luftschleusen aus dem Kasten hinausbefördert wird. Die im Inneren beschäftigten Personen stehen dabei unter einem Luftdruck, der dem Höhenunterschied zwischen dem als Schneide ausgebildeten unteren Kastenrand und dem Wasserspiegel entspricht. Erfahrungsgemäß darf dieser Druck das Maß von 2½ bis 3 at nicht überschreiten, damit er die Gesundheit nicht gefährdet. Der Kasten wird so tief in die tragfähigen Schichten hinein versenkt, daß nach menschlicher Voraussicht und allen Erfahrungen die Kolke nicht bis an seine Schneide hinanreichen können.

Nachdem seit dem Verfall der Brücke Constantins des Großen seit mehr als 1000 Jahren ein fester Übergang über den Rhein nicht mehr bestanden hatte, stellte sich um die Mitte des vorigen Jahrhunderts in Köln die Notwendigkeit heraus, zwischen den Netzen der linksrheinischen Eisenbahn und der einstweilen in Deutz endigenden Köln-Mindener Eisenbahn eine feste Schienenverbindung herzustellen und die dazu nötige Brücke auch für den Straßenverkehr einzurichten. Es ist beachtenswert, wie bescheiden man sich anfänglich die Anlage dachte: Die Eisenbahnbrücke sollte nur eingleisig werden, sie sollte lediglich zur Überführung beladener Eisenbahnwagen ohne Lokomotiven dienen, und die

[1]) Clemen, Kunstdenkmäler d. Rheinprovinz Bd. 6 I u. II.

Wagen sollten auf dem Kölner Ufer mittels eines Hebeturmes auf die Brücke gehoben werden und auf dem anderen Ufer über eine Rampe in den Bahnhof Deutz gelangen[1]).

Auf dieser Grundlage wurde im Jahre 1850 ein internationaler Wettbewerb für die Lösung der Aufgabe ausgeschrieben. Doch gab man ihm keine Folge. Der Drang der Zeit nach einem unmittelbaren Schienenweg über den Rhein von Westen nach Osten war zu mächtig, man mußte ihm nachgeben, und so entstand nach vielen Studien und Umarbeitungen im Jahre 1856 der endgültige Entwurf des Eisenwerks, nachdem man schon im Jahre vorher mit den Flachgründungen der Pfeiler begonnen hatte. Das Eisenwerk bestand aus zwei voneinander unabhängigen Tragwerken: einem für eine zweigleisige Eisenbahn und einem für eine 6,9 m breite Straße.

Die Durchbildung lehnte sich eng an die Vorbilder der kurz zuvor fertig gewordenen Brücken in Dirschau und Marienburg über die Weichsel und die Nogat an.

Jedermann steht noch das Bild vor Augen, das die Doppelbrücke ehemals dem Beschauer darbot, Abb. 1. Die Wände der einfachen, geraden Hauptträger, die zusammen mit ihren oberen- und unteren Querverspannungen die Fahrbahnen kastenartig umschlossen, waren mit engmaschigem Gitterwerk ausgefüllt und entsprachen schon damals nicht mehr dem Stand des Wissens über das Wirken der Kräfte im geraden Balken und im Fachwerkträger, den kurz zuvor fast gleichzeitig Culmann und Schwedler in ihren bahnbrechenden Aufsätzen niedergelegt hatten[2]). Aber trotzdem bildete das Bauwerk mit dem Dom im Hintergrund ein halbes Jahrhundert lang ein Wahrzeichen der Stadt, das jeder Rheinländer nur ungern schwinden sah, als es im Jahre 1909 samt seinen Pfeilern abgetragen wurde, weil es dem gewaltig vergrößerten Verkehr nicht mehr gewachsen war.

Abb. 1. Alte Eisenbahn- und Straßenbrücke zwischen Köln und Deutz.

Bei der neuen Brücke traten an Stelle von zwei Eisenbahngleisen deren vier, an Stelle der 6,9 m breiten Straßenfahrbahn eine solche von 11,2 m, an Stelle von vier Öffnungen von je 99 m deren drei von 118,88, 167,75 und 122,56 m Weite und endlich an Stelle der geraden vergitterten Balken hochragende Bogen mit aufgehobenem Seitenschub. Ob der Neubau auch in schönheitlicher Hinsicht eine Verbesserung bedeutet, ist eine Frage, welche die Zukunft entscheiden möge, nachdem die Meinungen über die richtige architektonische Behandlung des Eisenwerks sich weiter abgeklärt haben werden, als sie es bis heute noch sind.

Kehren wir zunächst noch einmal in die Zeit der Erbauung der Gitterbrücke zurück. In demselben Jahr, in dem die Brücke fertig gestellt wurde, traf man in Süddeutschland Vorbereitungen für einen Brückenbau, dessen Entwurf eine vollkommene Beherrschung der Theorie des ebenen Fachwerks erkennen ließ: der Eisenbahnbrücke oberhalb Mainz, die einen zweiten westöstlichen Schienenweg über den Rhein ermöglichen sollte. Ihr diente als Vorbild die im Jahr 1857 fertig gestellte Isarbrücke bei Großhesselohe oberhalb Münchens, der das System des Oberbaurats v. Pauli zugrunde lag.

Dieser krümmte beide Gurte der Hauptträger symmetrisch zu ihrer neutralen Achse derartig, daß in beiden bei Vollbelastung die Kräfte und daher auch die Querschnitte von einem Auflager zum anderen einander gleich und die Diagonalen spannungslos waren, Abb. 2. Diese wurden nur bei einseitig verteilten Lasten durch Kräfte beansprucht, über die sich die Erbauer ebenfalls vollständig Rechenschaft gaben, so daß im Gegensatz zu Köln ein überaus durchsichtiges und leichtes Tragwerk entstand. Vermöge der Auflagerung der Träger in der neutralen Achse wurde das mit Erschütterungen des Bauwerks verbundene Hin- und Herfahren der Auflager auf ihren Rollenstühlen unter den wechselnden Belastungen vermieden.

Das waren Maßnahmen und Grundsätze, die — mag man sich auch manche derselben heute nicht mehr zu eigen machen — doch wohl durchdacht waren und von klarer Einsicht in die statischen Verhältnisse zeugten. Dazu kam, daß Gerber, der Bauleiter dieses Brückenbaues, der auch

[1]) Zeitschr. f. Bauwesen 1863.
[2]) Förstersche Bauzeitung 1851 und Zeitschr. f. Bauwesen 1851.

Abb. 2. Alte Paulische Eisenbahnbrücke oberhalb Mainz. (Auswechselung der eisernen Überbauten 1902 und 1905.)

Abb. 3. Brücke zwischen Koblenz und Pfaffendorf, ursprünglich für den Eisenbahnverkehr, neuerdings für den Straßenverkehr eingerichtet.

die Pläne auf Grund der Paulischen Gedankengänge ausgearbeitet hatte, bei der Querschnittberechnung des Eisenwerks zum ersten Male — also schon 1859 — die bewegten Lasten im Gegensatz zu den ruhenden Lasten mit einer Stoßziffer vervielfachte, also schon damals ein Verfahren einschlug, das in der Folge mehr als 60 Jahre brauchte, bis es in die amtlichen deutschen Vorschriften aufgenommen wurde. Das ursprünglich eingleisige Bauwerk wurde 10 Jahre später durch Hinzufügung weiterer Überbauten für die Aufnahme des zweiten Gleises eingerichtet.

Die alte Mainzer Eisenbahnbrücke gehörte durch ihre Länge von mehr als 1 km, wovon 424 m auf die vier Stromöffnungen entfielen, zu den größten Brücken Deutschlands, und außerdem war sie wegen ihrer durchdachten und eigenartigen Durchbildung im ganzen wie im einzelnen, sowie wegen der außergewöhnlichen Sorgfalt, die Gerber auf ihre Werkarbeit und Aufstellung verwandt hatte, eine der bemerkenswertesten Ausführungen. Aber sie machte keine Schule. Als 50 Jahre später das alte Bauwerk ähnlich wie in Köln den neuen Lasten nicht mehr gewachsen war, da ersetzte man unter Beibehaltung der Pfeiler die Pauli-Brücken durch Halbparabelträger. Paulis Bauart konnte nicht volkstümlich werden, dem Laien konnte man ein Verständnis für die fischbauchartige Form, für die Zusammenführung der Gurte in den scharfen Schnäbeln und für die Lagerung des Tragwerks in den Schnäbeln nicht zumuten.

Dem Bau der Mainzer Brücke folgte in den 60er Jahren der Bau der Eisenbahn-Bogenbrücke zwischen Koblenz und Pfaffendorf, Abb. 3. Das war, nachdem erst kurz zuvor Navier und Bresse Klarheit in die Berechnung des Bogens gebracht hatten, eine kühne Tat[1]). In drei majestätischen Fachwerkbogen mit parallelen Gurten überspannt die Brücke den Strom und paßt sich durch ihre Form den bewegten Linien der abwechslungsreichen bergigen Landschaft auf das glücklichste an. Auf ihre Landwiderlager bauen sich Türme von einfachster architektonischer Gestalt auf, die dem Bogenschub ein kräftiges Gegengewicht zu bieten scheinen, ohne zugleich durch übertriebene Höhe den Schwerpunkt des ganzen Bauwerks vom Strom auf das Land zu verschieben. So entsteht für den Beschauer ein überaus befriedigendes Bild. Kein Wunder, daß man versucht hat, anderweitig etwas Ähnliches zu schaffen.

So unterscheidet sich von der Koblenzer Brücke die wenige Jahre später gebaute Brücke zwischen Duisburg und Rheinhausen nur durch die Maße; die Verhältnisse der einzelnen Bauteile zu einander sind dieselben, was insbesondere auch von den Türmen auf den Endwiderlagern gilt. Und doch ist nicht die gleiche Wirkung erreicht. Es besteht nicht die gleiche Harmonie zwischen Brücke und Umgebung wie in Koblenz. In Duisburg sind die flachen Ufer mit Gleisanlagen und Fabriken bedeckt. In Koblenz gehören Brücke und Landschaft zu einander und heben sich gegenseitig; am Niederrhein wird die Brücke keineswegs durch die Landschaft gehoben, aber auch das Umgekehrte ist nicht der Fall. Die Bogenform war hier keine Notwendigkeit.

Eine zweite Brücke nach Art der Koblenzer wurde in den Jahren 1878 und 1879 nur wenig oberhalb von Koblenz bei Horchheim gebaut. Die Bogen haben ein der Vorgängerin ähnliches Liniennetz. Hier wie dort Türme von mächtigen, aber nicht übertriebenen Abmessungen. Die Fahrbahn, die bei der älteren Brücke die Bogenuntergurte berührt, also ziemlich tief in die Bogen einschneidet, liegt bei der neuen Brücke sachgemäß vollständig über den Bogen und berührt nur deren Obergurte. Aber trotzdem wird in derselben Landschaft eine viel weniger glückliche Wirkung erreicht. Sie mag zum großen Teil von der Zweiteilung herrühren: die Brücke hat nur zwei Stromöffnungen, so daß nur ein Strompfeiler vorhanden ist. Der steht mitten im Strom, wo der Laie die größte Wassertiefe und den Schiffahrtsweg vermutet, der ihm durch den Pfeiler verbaut zu sein scheint.

Zu hoher Vollendung entwickelte sich die Bogenbauart bei der in den Jahren 1882 bis 1885 gebauten Straßenbrücke zwischen Mainz und Kastel, Abb. 4. Hier bildet der Längenschnitt der Fahrbahn eine Parabel, deren Scheitel über der Strommitte liegt, während ihre Endtangenten über den beiderseitigen Landwiderlagern mit den Neigungslinien der Rampen zusammenfallen. Die Kämpfer der vollwandigen Bogen liegen alle in gleicher Höhe, während die Scheitel bis auf ein überall gleiches Maß, das ungefähr der Fahrbahndicke entspricht, an die Fahrbahn heranreichen, so daß die Bogenpfeile der Parabelkrümmung entsprechend von den Ufern aus nach der Strommitte wachsen. Indem man nun die Stützweiten in allen Öffnungen in das gleiche Verhältnis zu den Pfeilhöhen setzte, erhielt man eine das Auge ungemein befriedigende Steigerung der Öffnungsweiten und ihrer Durchfahrtshöhen von den Ufern nach der Strommitte, die hier bei der ungeraden Öffnungszahl in eine Öffnung fällt. Die Hand eines Meisters benimmt dem Eisenwerk durch die leichte Schwingung der Fahrbahn und durch den Rhythmus zwischen den Bogenweiten und Bogenhöhen den Charakter des Starren und Schweren, das ihm unter der Hand des Unkundigen anzuhaften pflegt. Die Wirkung wird noch erhöht durch gedrungene, architektonisch schöne Aufbauten auf den Endwiderlagern, die das Bauwerk harmonisch abschließen. So darf die Mainzer Straßenbrücke zu den besten Brückenbauten nicht nur am Rhein, sondern auch in Deutschland und über dessen Grenzen hinaus gezählt werden.

[1]) Vergl. Hertwig: Der deutsche Eisenbrückenbau, ein Beispiel f. d. Zusammenarbeit von Theorie u. Praxis. Denkschrift der Firma Harkort anläßlich ihres 50jährigen Bestehens als Aktiengesellschaft.

Die in den Jahren 1896 bis 1898 gebaute Straßenbrücke in Worms hat gleich ihrer Mainzer Vorgängerin die parabolisch gekrümmte Fahrbahn erhalten, und die Öffnungsweiten und -höhen wachsen auch bei ihr von den Ufern nach der Mitte zu. Die Bogen sind sichelförmige Fachwerke, deren Mittelachsen elliptisch gekrümmt wurden, um das für die Schiffahrt nötige Profil freihalten zu können. Auf den Widerlagern stehen mittelalterliche Türme von großer Schönheit, die sich auch den mittelalterlichen Bauten der Stadt gut anpassen mögen, die aber durch ihre überragende Größe und Wucht das Bild der Brücke erdrücken, abgesehen davon, daß sie in ihrem Innern große Räume bieten, für die gar keine sachgemäße Verwendung vorhanden ist und daß sie sehr hohe Kosten verursachten. In dem lebhaften Streben, etwas Gutes zu schaffen, hatte man sich einem Irrtum hingegeben und war über das Ziel hinausgeschossen.

Abb. 4. Straßenbrücke zwischen Mainz und Kastel.

Noch eine andere Bogenbrücke muß an dieser Stelle erwähnt werden, die schon vor der Wormser Brücke erbaut wurde, aber eine ganz andere Bogenform zeigt: die Straßenbrücke Bonn, Abb. 5. Ihre drei Stromöffnungen von 94, 187 und 94 m Weite sind mit Bogen überbrückt, von denen die äußeren einen geraden Obergurt haben und ganz unter der Fahrbahn liegen, während der mittlere sich hoch über die Fahrbahn erhebt, wobei sich seine beiden gekrümmten Gurte nach dem Scheitel zu nähern. So entsteht in der Ansicht ein überaus geschickter und schöner Linienzug, dessen Wirkung allerdings in der Queransicht weniger günstig ist, wo die beiden nur 8,5 m voneinander entfernten und durch Querverspannungen miteinander verbundenen Hauptträger sich 20 m über die Fahrbahn erheben und dadurch dem Auge des auf dieser selbst Wandernden einen weniger erfreulichen Anblick gewähren. Der unorganische Schmuck des Tragwerks durch aufgenietete Verzierungen sowie die bunte figürliche Bemalung werden heute kaum noch Beifall finden.

Abb. 5. Straßenbrücke Bonn.

Weitere Bogenbrücken, d. h. wirkliche Bogen, die einen Seitenschub ausüben, sind am Rhein nicht gebaut worden, sie erfordern sehr kostspielige Widerlager und eine sehr hohe Lage der Fahrbahn, die namentlich ihre Verwendung für Eisenbahnen meist ausschließt.

Aber man wollte trotzdem die Bogen form nicht missen, die häufig dem schlichten geraden Träger vorgezogen wird, und baute deshalb Bogen, deren Schub durch ein Zugband aufgehoben wird, so daß sie frei aufliegende Träger bilden. Diese Anordnung zeigen u. a. die Eisenbahnbrücke Worms, die Kaiserbrücke bei Mainz, ferner die schon erwähnte Hohenzollernbrücke und die Südbrücke in Köln.

Bei mehreren bemerkenswerten Ausführungen der neueren Zeit begegnen wir der gleichzeitigen Verwendung des schublosen Bogens über der Hauptöffnung und gerader Parallelträger über den Seitenöffnungen, wobei eine organische Verbindung der verschiedenartigen Tragwerke dadurch hergestellt ist, daß Auskragungen des Bogens in die Nachbaröffnungen hineinragen, wo sie den Parallelträgern dieser Öffnungen als Stützpunkte für das eine ihrer Enden dienen. Meist bezeichnen dann die großen Bogen dem Schiffer schon aus der Ferne die Öffnung, durch die er hindurchzufahren hat, während gleichzeitig die lange Linie der geraden Träger eine in architektonischer Hinsicht sehr erwünschte Unterbrechung erfährt. Ein ausgezeichnetes Beispiel dieser Anordnung ist die in den Jahren 1914 bis

Abb. 6. Straßenbrücke zwischen Duisburg-Ruhrort und Homberg, im Aufbau begriffen.

1915 gebaute Eisenbahnbrücke bei **Rüdesheim**, s. Titelbild, S. 1049. In ihrer Einfachheit und Anspruchslosigkeit, die aber trotzdem durch ihre Gliederung ausdrucksvoll ist, wirkt sie in der schönen Landschaft bereichernd und belebend. Dasselbe gilt von den in ihren Längenabmessungen etwas kleineren Bauwerken in **Neuwied** und **Remagen**. Bei allen diesen Brücken sind nur sehr bescheidene architektonische Endabschlüsse vorhanden. Die Ingenieurbauten treten in voller Reinheit in die Erscheinung. Seit der Erbauung der Wormser Brücken hat sich in den Ansichten über die Behandlung solcher Eisenbauten eine bedeutende Wandlung vollzogen.

Frei aufliegende, gerade Balken, in der Regel mit geradem Untergurt und geradem oder gekrümmtem Obergurt (Parallelträger oder Halbparabelträger) finden wir überdies in großer Zahl am Rhein, namentlich an landschaftlich weniger bevorzugten Stellen. Die Flächen zwischen den Gurten sind bei den älteren Brücken mit mehrfachen, meist doppelten Zügen von Pfosten und Diagonalen, bei den neueren mit einem einfachen Strebenzug ausgefüllt. Sie sind

Zusammenstellung der seit Mitte des vorigen Jahrhunderts erbauten festen Rheinbrücken[1].

Nr.	Erbaut	Überführung für	Ort	Öffnungen		Art des Tragwerks	Bemerkungen
				Zahl	Weite		
1	1855/59	Eisenbahn u. Straße	Köln	4	99	Gerade, engmaschig vergitterte Balken	
2	1858/60	Eisenbahn	Kehl	3 4	60 26	wie vor, kontinuierlich	
3	1860/62	„ (1. Geleise)	Mainz	4 24	105,2 15,8 bis 35	Pauli-Träger	2. Geleise 1869/71
4	1862/63	„	Koblenz-Pfaffendorf	3	96,7	Zweigelenkbogen	
5	1865/67	Eisenbahn u. Straße	Ludwigshafen	3	89	Gerade Balken, doppeltes Fachwerk	
6	1868/70	Eisenbahn	Düsseldorf-Hamm	4	106	Halbparabelträger 3fach vergittert	Drehbrücke 2 · 13,4 m Steingewölbe 15 · 18,8 m
7	1871/74	„	Wesel	4 6	98,3 19,2	Halbparabelträger 2fach vergittert	97 gewölbte Flutöffn.
8	1873	„	Duisburg-Rheinhausen	4	97	Zweigelenkbogen	Gewölbte Flutbrücken
9	1875/76	„	Germersheim	3	90	Parabelträger 2fach	
10	1876/79	„	Koblenz-Horchheim	2	106	Zweigelenkbogen	2 gewölbte Flutöffn.
11	1877	„	Altbreisach	3 4	72 28	Parallelträger Doppelte Vergitterung	Ausgewechselt 1905
12	1877	„	Neuenburg	3	72		
13	1877	„	Hüningen	2	36		
14	1882/85	Straße	Mainz	2 1 2	88 104 87	Zweigelenkbogen	
15	1893/94	Eisenbahn	Roppenheim	18 3	31,1 92	Parallelträger 1fach vergittert Halbparabeltr. 2fach „	
16	1897/98	Straße	Kehl	2 [illegible]	88,2 57,3	Parallelträger 2fach vergittert	
17	1897/99	„	Bonn	2 1 1	93,6 187 32	Bogen mit 2 Gelenken	
18	1897/99	„	Düsseldorf	2 4	181,3 57 bis 63	Fachwerk-Zweigelenkbogen	
19	1898/99	„	Worms	1 2	105,6 94,4	Zweigelenk-Sichelbogen	Gewölbte Flutöffn.
20	1898/1900	Eisenbahn	Worms	1 2	116,8 102,2	Fachwerkbogen mit Zugband	„ „
21	1909/10	„	Mainz	4 24	105,2 15,8 bis 35	Halbparabelträger mit einfachem Strebenzug	Auswechslung von (3)
22	1903/04	„	Mainz, Kaiserbrücke	2 2 1	116,8 107,2 93,8	Fachwerkbogen mit Zugband	
23	1906/07	Straße	Duisburg-Ruhrort—Homburg	1 1 1 1 1	83,6 121,6 203,4 128,3 88,9	Ausleger	
24	1908/11	Eisenbahn u. Straße	Köln (Nordbr.)	1 1 1	118,88 167,75 122,56	Fachwerkbogen mit Zugband	Umbau von (1)
25	1908/10	Eisenbahn	Köln (Südbr.)	1 1 1	101,5 165 101,5	„ „ „	
26	1910/11	„	Haus Knipp	2 1	106 186	Halbparabelträger mit einfachem Strebenzug	
27	1914/15	„	Rüdesheim	1 2 4	94,2 169,4 84,7	Parallelträger mit einfachem Strebenzug sowie Bögen mit Zugband	
28	1916/17	„	Neuwied	2 1 1	94,7 187,2 77	wie vor	
29	1916/17	„	Remagen	2 1	84,7 156,2	wie 27	
30	1914/16	Straße	Wesel	2 1 3	97,5 150 55	Ausleger	

[1] Unter Mitbenutzung der anläßlich der Pariser Weltausstellung 1900 im Auftrage mehrerer deutscher Eisenbauanstalten verfaßten Denkschrift von Mehrtens über den deutschen Brückenbau im 19. Jahrhundert.

in der vorstehenden Zusammenstellung aufgeführt. Nur auf eine derselben sei hier kurz eingegangen, weil sie die größte Stützweite nicht nur aller Rheinbrücken, sondern aller deutschen Brücken überhaupt besitzt: es ist die Straßenbrücke zwischen Duisburg-Ruhrort und Homberg, Abb. 6. Die Weite ihrer Stromöffnungen beträgt in der Reihenfolge vom linken zum rechten Ufer: **88,9 m, 121,6 m,** 203,4 m, 128,3 m und 83,6 m, für ihre Bemessung war maßgebend, daß die rechtsseitige Seitenöffnung von 128,3 m die Einfahrt des größten Flußhafens der Welt überbrückt, durch die täglich ganze Flotten von beladenen und leeren Kohlenschleppzügen aus- und einfahren, und daß diese, soweit sie nach dem Oberrhein bestimmt sind, und das ist die Mehrzahl, vor der Hafeneinfahrt wenden müssen, wobei sie bis unter die Mittelöffnung der Brücke gelangen. Daraus ergab sich weiter die Bedingung, daß für die Aufstellung des Eisenwerks der Hauptöffnung und der daran rechts anstoßenden Seitenöffnung keine festen Hilfsrüstungen im Strom errichtet werden durften, mit Ausnahme eines Bocks in der Mitte der Mittelöffnung, so daß die großen eisernen Tragwerke frei vorzubauen waren.

Die Brücke ist eine Kragträgerbrücke. Durch Kragträger, die aus den Seitenöffnungen in die Mittelöffnung hineinragen, wird deren Weite von 203,4 m auf 133 m eingeschränkt. Sie wird durch einen eingehängten Träger mit aufwärts gekrümmtem Obergurt überbrückt. Im allgemeinen sind die Tragwerke der übrigen Öffnungen Parallelträger, deren Obergurte sich über den beiden mittleren Pfeilern entsprechend den dort auftretenden großen negativen Momenten zu Spitzen erheben.

Das Bauwerk ist in seiner Einfachheit der flachen Landschaft gut angepaßt; den gewaltigen Eisenmassen gegenüber wirkt der hohe Abschlußturm auf dem rechten Ufer kaum störend, obgleich er nicht notwendig war.

Zuletzt ist der bis jetzt einzigen Hängebrücke über den Rhein, der in Köln, zu gedenken, die an Stelle der früheren Schiffbrücke im Jahre 1913 begonnen und 1915, während des Krieges, vollendet worden ist, Abb. 7.

Abb. 7. Hängebrücke Köln (Ersatz Schiffbrücke).

Sie besteht aus einer Mittelöffnung von 184,46 m und zwei Seitenöffnungen von je 92,23 m Stützweite. Lamellengliederketten aus Nickelstahl, über den Pfeilern von mächtigen eisernen Portalen gestützt, bilden die Traggurte, an die mittels Rundstangen der Versteifungsträger angehängt ist. Dieser läuft als Balken auf vier Stützen über die ganze Brückenlänge durch und bildet zugleich die Brüstung der Fahrbahn. An seine beiden Enden ist die Kette angeschlossen; ihr Zug ruft eine wagerechte Seitenkraft hervor, die den Versteifungsträger auf Druck beansprucht, während die lotrechte Seitenkraft von einer Verankerung im Grundmauerwerk aufgenommen wird.

Außer den architektonisch schönen Portalen weist das Eisenwerk oberhalb der Fahrbahn keinerlei Querversteifungen und Windverspannungen auf, seine Linienführung scheint übersichtlich und einfach, die sanfte Schwingung der Fahrbahn von Ufer zu Ufer, die Verjüngung des Versteifungsträgers von den Pfeilern nach den Öffnungsmitten verleiht ihr den Charakter großer Leichtigkeit; die Vermeidung durchsichtigen Gitterwerks, das den Eisenbauten leicht ein gerüstartiges Aussehen gibt und die an dessen Stelle durch geschlossene Querschnitte erzielten Flächen- und Massenwirkungen erhöhen den wohltuenden Eindruck des Beschauers von diesem Bauwerk, das zweifellos den Weg weist, den der deutsche Eisenbau in Zukunft zu verfolgen haben wird.

Um die Bedeutung der Rheinlande für die Entwicklung des deutschen Brückenbaues vollständig kennen zu lernen, hat man sein Augenmerk auch auf die Nebenflüsse des Rheins zu richten, soweit ihr Lauf sie durch die Rheinlande hindurchführt. Aber der Raum gestattet ein näheres Eingehen auch auf die dort vorhandenen Bauwerke im allgemeinen nicht. Einige Ausnahmen sind aber von solcher Bedeutung, daß sie an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben dürfen.

Dahin gehört vor allem die in den Jahren 1842 bis 1844 gebaute schöne Kettenbrücke über die Ruhr in Mülheim, Abb. 8. Sie mußte im Jahre 1907 einem Neubau weichen, weil sie den inzwischen mächtig angewachsenen Verkehr nicht mehr zu fassen vermochte. Aber im Gegensatz zu vielen ihrer längst beseitigten gleichaltrigen deutschen Schwestern war sie noch völlig tragfähig, weil man s. Z. auf ihren Bau, namentlich auf die schwierige Herstellung der Augenstäbe für die Ketten sowie auf eine gute Aus-

Abb. 8. Alte Kettenbrücke, Mülheim/Ruhr.

bildung des Versteifungsträgers ganz besondere Sorgfalt verwendet hatte. Es ist in hohem Maße zu beklagen, daß dieses technisch bedeutende und architektonisch reizvolle Bauwerk nicht erhalten werden konnte[1]).

Dahin gehört ferner die Brücke über das Tal der Wupper bei Müngsten. Man darf wohl sagen, daß sie dem Betreiben der Bevölkerung ihr Dasein verdankt. Denn diese drängte seit langen Jahren nach dem Bau, gegen den die Behörden sich seiner außergewöhnlichen Abmessungen und Schwierigkeiten halber ablehnend verhielten, bis gegen Ende der achtziger Jahre ein von privater Seite aufgestellter Entwurf seine Ausführbarkeit und wirtschaftliche Berechtigung nachwies. Daraufhin wurde der Bau der Brücke rasch durchgeführt. Es erübrigt sich, auf sie einzugehen, da das gigantische Werk bekannt genug ist.

Die aufgeführten Beispiele sowie die Zusammenstellung in der Zahlentafel beweisen hinreichend, welch außerordentliche Förderung die deutsche Brückenbaukunst in den Rheinlanden erfahren hat. Ihre Entwicklung in den letzten 75 Jahren, d. h. seitdem die Eisenbahnen feste Brücken nötig machten, und das Eisen große Öffnungsweiten ermöglichte, spiegelt sich in der Geschichte der rheinischen Brückenbauten wieder. Die bei der Kölner Brücke als erster rheinischer Ausführung noch vorhandene theoretische Unsicherheit wich bei der Mainzer Brücke und bei dem Koblenzer Bogen einer immer weiter fortschreitenden Klarheit.

Aber von Anfang an lehnte der Rheinländer die lediglich technisch richtige Lösung ab und verlangte auch Befriedigung in architektonischer Hinsicht. Das führte ihn über manche Irrtümer hinweg zunächst dahin, das Eisenwerk als solches für sich wirken zu lassen. Dann aber vereinfachte er die Formen des Eisenwerks selbst und warf die Vorstellung, die ihn bisher befangen hatte, daß unter allen Umständen nur die gekrümmte Linie des Bogens oder des Hängewerks befriedigend zu wirken vermöge, zugunsten auch der geraden Linie und des schlichten geraden Trägers von sich. Die Überzeugung brach sich durch, daß die wahre Schönheit nur mit innerer Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit, also nur mit der Wahrheit verbunden sein kann.

Wenn die Rheinlande dazu beigetragen haben, diese Erkenntnis zum Allgemeingut zu machen, so haben sie sich damit ein hohes Verdienst nicht nur um die Weiterentwicklung des deutschen Brückenbaus, sondern der deutschen Baukunst überhaupt erworben, und das soll ihnen in diesem Jahr 1000jährigen Gedenkens an die Wiedervereinigung mit dem angestammten Gesamtvaterland hoch angerechnet werden. [B 636]

[1]) Zentralbl. d. Bauverw. 1907.

Verbreiterung der Düsseldorfer Rheinbrücke.

Die Vollendung der in den Jahren 1897 bis 1899 erbauten Straßenbrücke über den Rhein bei Düsseldorf[1]) fiel in die Zeit des beginnenden Aufschwunges von Handel und Industrie in den rheinischen Städten. Kurz vor dem Krieg war der Austausch zwischen den links- und rechtsrheinischen Stadtteilen Düsseldorfs bereits so lebhaft, daß die Bewältigung des Fußgänger-, Wagen- und Schnellbahnverkehrs Schwierigkeiten machte. Die Ausführung der Pläne zur Verbreiterung der Brücke nach den Vorschlägen der Gutehoffnungshütte wurde jedoch durch den Krieg verhindert, und erst im vorigen Jahre, nachdem sich die Verhältnisse gefestigt hatten, konnte der Gedanke des Umbaus wieder aufgegriffen werden.

Die Brücke weist in ihrer ursprünglichen Gestalt zwei Stromöffnungen von je 181,3 m Spannweite mit sich über die Fahrbahn erhebenden Bögen auf, während sich links drei Öffnungen von 50,7 m, 57 m und 63,4 m Spannweite mit Bogenträgern unter der Fahrbahn und auf der rechten Seite eine Bogenöffnung gleicher Art von 60,3 m Spannweite anschließen[2]). Die Gesamtlänge der Brücke zwischen den Endwiderlagern beträgt 638 m. Die Hauptträger sind als Fachwerk-Zweigelenkbogen ausgebildet; ihre Entfernung beträgt 9,7 m. Die großen Bogenträger haben zwei Windverbände, nämlich einen zwischen den Obergurten, der bis zu zwei starken Portalen zwischen den vorletzten Pfosten reicht und von da zwischen den Untergurten angebracht wird, und einen unter der Fahrbahn mit besonderen, an die gitterförmigen Fußwegträger angehängten Windgurten. Die betonierte, mit Holzpflaster gedeckte Fahrbahn ist 8,2 m breit und von zwei je 3 m breiten Fußsteigen zu beiden Seiten umrahmt.

Die Fahrstraße für den Schnellbahnverkehr über die verbreiterte Brücke sollte eine Belastung von 82,4 t Leergewicht oder rd. 100 t bei besetzten Wagen (ein Motorwagen mit drei Anhängern, in beliebiger Wiederholung in 20 m Abstand fahrend) vertragen, die Fußwege durch eine Menschenmenge bis 500 kg/m² belastet werden können. Nach längeren Untersuchungen, wobei hauptsächlich zu klären war, ob man die neuen Hauptträger auch als elastische Bogen ausbilden sollte, ging man von dem ersten Plan, die drei Strombrückenpfeiler nur noch mit neuen senkrechten Auflagerdrücken zu belasten, ab und entschied sich für Bogenträger, zumal die Rheinstrombauverwaltung 6,5 kg/cm² als stärksten Druck auf die Fundamentsohle zuließ. Die Rheinische Bahngesellschaft, woran die Stadt Düsseldorf maßgebend beteiligt ist, übertrug den Umbau Anfang ds. Js. den Firmen Gutehoffnungshütte A.-G., Oberhausen, Hein, Lehmann & Co., A.-G., Düsseldorf-Oberbilk (Eisenbauten), und Ph. Holzmann, A.-G., Zweigstelle Düsseldorf (Unterbauten).

Was die sehr wichtige Querausbildung der Brücke betrifft, so standen zwei Vorschläge zur Erörterung. Werden die neuen Hauptträger in 4 m Abstand von den alten Bogenträgern aufgestellt, so erhält die Brücke viel Raum in der Breite und durch die beiden neuen Windverbände eine gute Seitenversteifung. Der Nachteil dieser Bauart besteht darin, daß die vier in verschiedenen Abständen voneinander angeordneten Träger besonders in der Schrägansicht sehr unschön wirken.

Bei dem andern Entwurf waren die neuen Bogenträger nur in 1,7 m Abstand von den alten angeordnet. Die Fahrbahnverbreiterung gestaltet sich dann natürlich schwieriger und konnte nur unter Ausnutzung der großen Höhenlage der Brücke dadurch erreicht werden, daß man unter der bestehenden Fahrbahn doppelwandige Hauptquerträger anordnete, die im oberen Teil die alten Querträger umfassen und auf ihren beiderseitigen Auskragungen die Lasten des Schnellbahn- und Fußgängerverkehrs aufnehmen. Den ästhetischen Vorteilen dieser Anordnung stehen das erhebliche Mehrgewicht infolge der neuen Hauptquerträger und die ziemlich verwickelte Ausbildung und Durchführung der großen Querträger (z. B. an den Schnittpunkten der Hauptbogen mit der Fahrbahn und an den Scheitelpunkten der Flutbogen) als technische Nachteile gegenüber.

Der Umbau wird nun nach einem gemeinsamen Entwurf der Firmen Gutehoffnungshütte A.-G. und Hein, Lehmann & Co. ausgeführt und soll Anfang 1926 fertiggestellt sein. Die Fahrbahn der alten Brücke wird in Zukunft nur dem Kraftwagen- und Fuhrwerkverkehr vorbehalten. Zwischen den alten Bogenträgern und den durch Gelenkstäbe damit verbundenen neuen Hauptträgern entstehen 1,7 m breite Bahnen für Radfahrer. Die Gleisfahrbahnen und Fußwege, die sich auf die ausladenden Querträger stützen, liegen außen; die einzelnen Verkehrswege werden durch Geländer voneinander getrennt. Mit dem Umbau wird einem dringenden Bedürfnis neuzeitlicher Verkehrstechnik Rechnung getragen. [N 811] Kd. M.

[1]) Vgl. Carstanjen, Rheinbrücken, Zahlentafel 1 Nr. 18 auf S. 1054 dieses Heftes.

[2]) Vgl. Dr.-Ing. F. Bohny, Umbau der Rheinbrücke bei Düsseldorf, Bautechnik Bd. 3 (1925) S. 421.

Rheinhäfen.

Von Dassen, Mainz.

Nach einer Besprechung des Verkehrs auf dem Rhein und in den Häfen werden die Anlagen der Rheinhäfen und ihre Ausrüstung mit Umschlageinrichtungen und Hafenbahnen behandelt.

Verkehr der Rheinhäfen.

Auch ohne die geplante und im Teilausbau begriffene Verbindung des Rheines mit der Donau ist der Rhein Deutschlands bedeutendste und leistungsfähigste natürliche Wasserstraße. Der Rhein übernimmt die Vermittlung des Massengutverkehrs zwischen Nordsee, dem rheinisch-westfälischen Industriegebiet und dem Südwesten Deutschlands, der Schweiz und Elsaß-Lothringen. Die Bedeutung des Rheines als Wasserstraße wird außerordentlich steigen, sobald der Anschluß an die zweitwichtigste Wasserstraße, die Donau, durch eine den neuzeitlichen Schiffsgrößen entsprechende Verbindung erreicht ist. Ein Einflußgebiet, wie die Großschiffahrtstraße Rhein-Main-Donau, die Mitteleuropa und Südosteuropa verbindet, wird keine andre Wasserstraße in Europa gewinnen können.

Die Leistungsfähigkeit des Rheines, deren natürliche Ursachen in der geographischen Lage des Stromes, in seinem Wasserreichtum und seinen günstigen Fahrwassertiefen während des ganzen Jahres zu suchen sind, ergibt sich ohne weiteres aus ein paar Zahlenangaben des Rheinstromverkehrs. Der gesamte Rheinstromverkehr hat in den Jahren

1913 . . . 105 Millionen t
1922 . . . 64 „ t

betragen.

Auf den einzelnen Teilstrecken des Rheins wurden folgende Gütermengen festgestellt:

a) an der deutsch-niederländischen Grenze in den Jahren

	1913	1922
bergwärts	19,59 Mill. t	11,64 Mill. t
talwärts	17,42 „ t	8,79 „ t

b) zwischen Köln und Düsseldorf:

	1913	1922
bergwärts	20,33 Mill. t	13,07 Mill. t
talwärts	2,83 „ t	2,70 „ t

c) unterhalb Koblenz:

	1913	1922
bergwärts	16,87 Mill. t	14,62 Mill. t
talwärts	2,49 „ t	2,49 „ t

d) oberhalb Mainz:

	1913	1922
bergwärts	11,60 Mill. t	10,20 Mill. t
talwärts	1,93 „ t	1,38 „ t.

Daß diese gewaltigen Mengen auf dem Rhein befördert werden konnten, setzt abgesehen von den günstigen Fahrwasserverhältnissen voraus, daß einerseits die Schiffahrttreibenden über den erforderlichen Gerätepark verfügen, und anderseits die notwendigen Einrichtungen getroffen wurden, um die Güter auf das Wasser oder vom Wasser auf das Land zu bringen, mit andern Worten, daß eine ausreichende Zahl Umschlagufer und Häfen angelegt wurden. Dies trifft beim Rhein zu. Zählt man entsprechend der Bestimmung der Verordnung über die Beiräte für die Reichswasserstraßen zum Gebiete des Rheinstromes nur die Häfen am Rhein und Main bis Aschaffenburg, aber nicht den Rhein-Herne-Kanal, so kann man in diesem Gebiet rd. 60 Häfen feststellen. In dieser Zahl sind kleinere unbedeutende Ladestellen nicht enthalten; anderseits sind die verschiedenen Häfen eines Ortes (wie beispielsweise Duisburg-Ruhrort, Köln, Mainz, Frankfurt, Mannheim u. a.) nur als ein Hafen gezählt worden.

Am Rhein ist die Entstehung von Umschlagplätzen vorwiegend dem Unternehmungsgeist der Ufergemeinden und einzelner Privatfirmen zu verdanken. Die bisherigen Verwaltungsbehörden für den Rheinstrom, die einzelnen Länder, haben ihre Hauptaufgabe in der Herstellung und Unterhaltung einer leistungsfähigen Wasserstraße gesehen. Da solch eine Wasserstraße den Fahrzeugen auch Schutz gegen Eisgang und Hochwasser gewähren soll, mußten sich die Strombaubehörden die Schaffung von Schutz- und Sicherheitshäfen angelegen sein lassen. So finden wir am Rhein eine große Zahl Schutzhäfen. In der Gebirgstrecke des Rheines liegen sie am dichtesten (St. Goar, Loreley, Oberwesel, Bingen). In manchen dieser Schutzhäfen haben sich im Laufe der Zeit auch Umschlagunternehmungen angesiedelt, so daß sie nicht mehr als reine Schutzhäfen angesprochen werden können. Es darf angenommen werden, daß auch das Reich, das jetzt die Verwaltung des Rheinstromes übernehmen soll, sich nicht mit der Anlage und dem Ausbau von Umschlagplätzen befassen wird. Dies dürfte wohl auch kaum notwendig sein; der Wettbewerb zwischen den vorhandenen Umschlagplätzen zwingt diese, selbst dafür zu sorgen, daß ihre Anlagen der Neuheit entsprechen und jedem Bedürfnis gewachsen sind.

Was aber die Häfen von der Verwaltung des Rheinstromes fordern müssen, ist Unterstützung gegen Maßnahmen, die die Lebensfähigkeit der Häfen gefährden, von welcher Seite sie auch kommen werden. So bedürfen die Häfen zurzeit dringend der Unterstützung gegenüber der Reichsbahn-Gesellschaft. Der Kampf der Häfen und Schiffahrttreibenden gegen die Tarifpolitik der Reichsbahn (Staffeltarife, Seehafenausnahmetarife), der schon seit Jahren dauert, dürfte bekannt sein. Mit der Forderung auf Einführung von besonderen Tarifen (Wasserumschlagtarife) für den gebrochenen Verkehr (Bahn-Wasserweg-Bahn) haben die Häfen bisher nur geringes Verständnis und Entgegenkommen bei der Reichsbahn gefunden. Die Reichsbahn steht auf dem Standpunkt, daß die Wasserstraße Wettbewerb bedeutet, der bekämpft werden muß; sie muß aber dazu gebracht werden, daß sie die Wasserstraßen als eine notwendige Ergänzung der Eisenbahn anerkennt. Der Wasserstraße gehört das Massengut, und sie darf sich dieses nicht nehmen lassen. Wenn Häfen und Schiffahrttreibende im Wettbewerb mit der Reichsbahn unterliegen sollten, so dürfte die Folge sein, daß man von weiteren großen Wasserstraßenplänen absehen muß. Wenn Häfen und Schiffahrttreibende sich an der natürlichen abgabenfreien

Mill. t
70
60
50
40
30
20
1900 1902 1904 1906 1908 1910 1912 1914 1916 1918 1920 1922
Krieg
Niederwasser
RZ624Z1

Abb. 1. Jahresverkehr aller deutschen Rheinhäfen in den Jahren 1900 bis 1922.

Wasserstraße nicht halten können, so wird dies noch weniger der Fall an einer mit großem Kostenaufwand gebauten künstlichen Wasserstraße mit hohen Gebühren sein. Da der Verfrachter den billigsten Weg benutzt, werden die Wasserstraßen tot daliegen, wenn die Reichsbahn bei ihrer Tariffeststellung nicht den Bedürfnissen der Wasserstraße Rechnung trägt. Wenn dies unmöglich ist, sollte man alle Wasserstraßenpläne aufgeben.

Wie schon vorhin gesagt, wurden die meisten Umschlagplätze am Rhein von den Uferstädten und von einzelnen Privatunternehmen angelegt. Einige wenige wurden von den Uferstaaten ausgebaut, wie Mannheim von Baden, Ludwigshafen von Bayern, Duisburg-Ruhrort zum Teil von Preußen. Auch die Eisenbahn hat einige Häfen zum Umschlag der von ihr benötigten Kohle angelegt. Die Bedeutung der Rheinhäfen dürfte ohne weiteres aus Abb. 1 ersichtlich sein, die den Jahresverkehr aller deutschen Rheinhäfen (einschließlich der an Frankreich übergegangenen) in den Jahren 1900 bis 1922 zeigt. Im Jahre 1913, dem letzten Vorkriegsjahr, erreichte der gesamte Hafenverkehr 67,4 Mill. t. In den Kriegsjahren sank der Verkehr auf etwa 50 vH der Leistung von 1913, erreichte dann im ersten Nachkriegsjahr den tiefen Stand von 25,4 Mill. t und stieg in den folgenden Jahren wieder langsam. Ungünstig beeinflußten die Schiffahrt und damit auch den Hafenverkehr im Jahre 1921 der außergewöhnlich niedrige Wasserstand und im Jahre 1923 der Rhein-Ruhr-Kampf.

Über den Verkehr in den wichtigsten Häfen des Ober-, Mittel- und Niederrheins geben Abb. 2 bis 5 Aufschluß. Zu den Verkehrskurven des Niederrheins ist zu bemerken, daß sie nur für solche Häfen aufgetragen wurden, welche die Jahresleistung von einer Million Tonnen einmal erreicht haben. Die Häfen mit geringerem Verkehr mußten weggelassen werden, damit das Bild nicht zu undeutlich wurde. Für Duisburg-Ruhrort mußte eine besondere

Abb. 2. Verkehr der Häfen des Oberrheins.
a Kehl b Karlsruhe c Straßburg
d Ludwigshafen e Mannheim und Rheinau.

Abb. 3. Verkehr der Häfen des Mittelrheins.
a Offenbach b Worms c Mainz
d Gustavsburg e Frankfurt.

Zahlentafel 1. Verkehr in den Rheinhäfen 1913 und 1922.

Hafen	Zufuhr	Abfuhr	Verkehr in Mill. t in den Jahren 1922	1913
1. Straßburg	Kohle, Getreide	Kalisalze	1,589	1,988
2. Kehl	„ „	Getreide, Erze, Kohlen	0,469	0,510
3. Lauterburg	Kohle	Kohle	0,175	0,296
4. Karlsruhe	Kohle, Kies, Sand, Getreide	Holz	1,065	1,478
5. Speyer	Kies, Sand, Steine	Baustoffe	0,057	0,082
6. Mannheim	Kohle, Baustoffe, Getreide	Salz, Schlacken, Baustoffe	6,636	7,397
7. Ludwigshafen	Kohle, Erze, Getreide	Erze, Chemikalien	2,711	2,873
8. Worms	Kohle, Kies, Sand	Kies, Sand	0,572	0,5[illegible]9
9. Gernsheim	Kohle, Kies, Sand		0,160	0,150
10. Nierstein			0,086	0,042
11. Weisenau	Kohle	Zement	0,064	0,188
12. Gustavsburg	Kohle	Steine, Holz, Eisen,	1,272	1,127
13. Mainz	Kohle, Kies, Sand, Getreide, Holz, Wein	Zement, Holz, Wein	1,110	1,810
14. Biebrich			0,050	0,091
15. Schierstein	Holz	Holz	0,057	0,128
16. Budenheim	Lein- und Ölsamen	Kalk	0,196	0,338
17. Bingen	Kohle, Erze	Kalk, Steine	0,203	0,151
18. Oberlahnstein	Kohle, Kies, Sand	Erz	0,392	0,403
19. Koblenz	Getreide, Kies, Sand, Kohle	Wein, Düngemittel	0,162	0,170
20. Beuel	Ton, Kalk, Kohle	Zement, Steine	0,255	0,361
21. Bonn			0,012	0,045
22. Wesseling	Erde, Steine	Braunkohle	2,461	0,699
23. Köln	Kohle, Salz, Getreide	Braunkohle, Steine, Eisen, Papier, Farbe	1,397	1,413
24. Leverkusen	Erde, Erze, Kohle	Chemikalien, Farbe, Schlacken	0,456	0,449
25. Reisholz	Erde, Kohle, Öl	Erde, Öl, Gerbstoffe	0,385	0,555
26. Neuß	Zement, Getreide, Holz, Rüben, Salz, Kohle	Braun- u. Steinkohle	0,558	0,815
27. Düsseldorf	Eisen, Getreide, Holz, Öl, Kohle, Zucker	Erde, Metalle, Getreide	0,751	1,567
28. Krefeld	Zement, Erze, Getreide, Kohle		0,338	0,428
29. Uerdingen	Steine, Ölsamen Kohle, Zucker	Getreide, Zucker	0,181	0,277
30. Rheinhausen	Eisenerz	Eisen	1,177	1,987
31. Duisburg	Erze, Schlacken, Salz, Kohle	Kohle	14,033	28,913
32. Homberg		Kohle	0,615	1,296
33. Alsum-Schwelgern	Erz	Thomasmehl, Eisen, Kohle	2,254	4.303
34. Walsum	Erz	Eisen, Kohle	1,223	2,260
35. Orsoy	Kohle	Kohle	0,214	—
36. Rheinberg	Kalk, Salz, Kohle	—	0,211	0,091
37. Wesel	Kies, Sand, Getreide Kohle	Kies, Sand, Getreide	0,485	0,500
38. Offenbach	Kohle	Holz	0,183	0,308
39. Frankfurt	Kies, Getreide, Kohle	Holz, Getreide	1,147	2,058

Kurve in verkleinertem Maßstab aufgetragen werden, da die Leistungen des größten Binnenhafens sich nicht mit den wesentlich geringeren Leistungen der übrigen Häfen in einem Bild zusammenbringen lassen. Die Verkehrskurven der meisten Häfen steigen an bis zum Beginn des Krieges; in den Kriegsjahren treten Verkehrsrückgänge und in den unsicheren Nachkriegsjahren dauernde Störungen ein. Man kann auch den Kurven entnehmen, daß ein Hafen in dem Augenblick an Verkehr verliert, in dem die Wasserstraße oberhalb des betreffenden Hafens weiter ausgebaut ist, und hier neue Umschlagplätze angelegt sind. Der Güterverkehr benutzt die billige Wasserstraße, soweit es eben möglich ist.

Die amtlichen Zahlen des Verkehrs in den Rheinhäfen in den Jahren 1913 und 1922 sind in Zahlentafel 1 enthalten. Hier sind unter Zufuhr und Abfuhr nur diejenigen Güter angegeben, die in den betreffenden Häfen in verhältnismäßig großen Mengen umgeschlagen werden.

Erwähnt muß hier noch werden, daß die Häfen des Niederrheins in ziemlich bedeutendem Umfang am Rhein-Seeverkehr beteiligt sind. Als Endpunkt des Rhein-Seeverkehrs darf man wohl den Hafen Köln bezeichnen, weil hier die Stromstrecke endigt, die bei mittlerem Niedrigwasser 3,0 m tief ist. Der Rhein-Seeverkehr Kölns, der vor dem Kriege Verbindungen mit den deutschen Nord- und Ostseehäfen, mit England, Skandinavien und Rußland herstellte, erreichte im Jahre 1913 nahezu $^1/_{10}$ des gesamten Verkehrs des Hafens Köln.

Anlage der Häfen.

Schon zur Zeit der Römer haben am Rhein Häfen und Landungstellen bestanden; es sind solche beispielsweise in Köln und Mainz festgestellt worden. Bei Köln, das zur Römerzeit durch sumpfiges Überschwemmungsgebiet vom Rhein getrennt war, befand sich oberhalb der jetzigen Hohenzollernbrücke eine hafenartige Bucht, in der die römischen Kriegschiffe und die nach England und Spanien verkehrenden Handelsschiffe geankert haben. Das römische Mainz hatte zwei Landungstellen, eine für Kriegschiffe gegenüber der Mainmündung, eine für Handelsschiffe gegenüber der Ingelheimer Aue. Die Römer hatten nur geringes Interesse an dem Rhein als Wasserstraße; für ihren Handel waren die römischen Straßen auf dem linken Rheinufer wichtiger.

Bedeutung gewann die Wasserstraße erst im deutschen Mittelalter, etwa vom Jahre 1000 ab. Da die Römerstraßen während der Völkerwanderung in Verfall gerieten, und neue Straßenbauten in bemerkenswertem Umfang bis etwa ins 14. Jahrhundert hinein unterblieben, war der mittelalterliche Handel auf die natürlichen Wasserläufe der Flüsse angewiesen. Die Folge davon war, daß die rheinischen Handelsstädte in mühsamer, schwieriger Arbeit für den Handelsverkehr geeignete Umschlagufer schaffen mußten, die sie mit festen und beweglichen Kranen ausstatteten. Mit Ende des Mittelalters war der Rheinverkehr und damit der Umschlagverkehr unbedeutend geworden. Der Handel auf dem Rhein wurde durch die dauernd wachsenden Zölle und Abgaben derart belastet, daß er gegen den Handel auf den Landwegen zurücktreten mußte. Die folgenden Jahrhunderte brachten eine zunehmende Verwahrlosung des Rheins und seiner Ufer.

Die eigentliche Sorge um den Rhein als Schiffahrtstraße, um ausreichende Sicherheit für die Fahrzeuge und um die Anlage von Umschlaganlagen beginnt erst wieder mit dem Ende des 18. Jahrhunderts. Schon vor der Franzosenherrschaft setzten die Bemühungen der Schiffahrttreibenden ein. Während der napoleonischen Zeit kam es zu der Anlage verschiedener Freihäfen. Das 19. Jahrhundert brachte dann den Ausbau des Rheinstromes, und zwar mit 3 m Fahrwassertiefe bei gleichwertigem Wasserstand von Köln abwärts, mit 2,50 m Fahrwassertiefe von Köln bis St. Goar und 2 m Tiefe von St. Goar bis Mannheim. Über Mannheim hinaus ist es durch Regelung der Großschiffahrt ermöglicht worden, bis nach Straßburg-Kehl zu gelangen. Mitte des 19. Jahrhunderts setzte wieder das Streben der Uferstädte ein, Handels- und Umschlagplätze zu werden; eine Hafenneuanlage nach der andern entstand. Jede Gemeinde, auch die kleinste, wollte einen Umschlagplatz haben, wenn auch nur ein zum Umschlagkai ausgebautes kurzes Stück Rheinufer. Private Unternehmungen legten zum Bezug ihrer Rohstoffe oder Versand der Erzeugnisse Häfen an. Der allgemeine Wettbewerb zwang die einzelnen Umschlagplätze, sich dauernd zu vervollkommnen.

Die Hafenanlagen am Rhein zeigen die verschiedensten Formen. Als älteste Anlagen findet man das zu Umschlagzwecken ausgebaute Ufer am freien Strom. Auch in heutiger Zeit wird man in sehr vielen Fällen bei der Neueinrichtung von Umschlagplätzen zuerst an den Ausbau des Stromufers herantreten. Bei kleinen Umschlagplätzen genügt das ausgebaute Ufer dem Verkehr; größere Umschlagplätze, die neben dem Kai noch eigentliche Häfen besitzen, bevorzugen den Stromkai, denn dieser ist der am günstigsten gelegene Hafenteil und daher besonders für den Eilgüterverkehr geeignet. Die Uferkais am Rhein liegen im allgemeinen hochwasserfrei; es gibt aber auch Tiefkais, die vom Hochwasser überströmt werden und die als Lagerplätze für Baustoffe, Kohle und dergl., also für Stoffe, die eine Überschwemmung vertragen können, ausgenutzt werden.

Mill. t
28,9 Mill. t
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28
1900 1902 1904 1906 1908 1910 1912 1914 1916 1918 1920 1922
RZ624Z4

Abb. 4.
Verkehr in den Duisburg-Ruhrorter Häfen.

Mill. t
0 1 2 3 4 5
a b c d e f g
1900 1902 1904 1906 1908 1910 1912 1914 1916 1918 1920 1922
RZ624Z5

Abb. 5.
Verkehr in den Häfen des Niederrheins.

a Rheinhausen *b* Alsum und Schwelgern
c Düsseldorf *d* Köln *e* Walsum *f* Homberg
g Wesseling.

Die älteren Kaianlagen sind fast durchweg durch senkrechte oder nahezu senkrechte Ufermauern gebildet.

Die geringe Reichweite der damaligen Umschlageinrichtungen machte es notwendig, daß das Schiff dicht neben dem Kai liegen mußte. Die senkrechte Uferausbildung ist selbstverständlich auch heute noch die günstigste für den Umschlag, doch ist sie nicht mehr unbedingt erforderlich. Geböschte Ufereinfassungen sind für die heutigen Umschlageinrichtungen kein Hindernis mehr. Man findet sogar Umschlagplätze am unausgebauten Stromufer. Die an Land aufgestellten Umschlaganlagen reichen so weit in den Strom, daß sie das am unausgebauten Ufer vor Anker liegende Schiff bestreichen können. Die heutige Geldknappheit zwingt dazu, daß man bei Neuanlagen zunächst auf die kostspielige senkrechte Ufermauer verzichtet.

In dem Augenblick, wo die Stromufer für den Umschlagverkehr nicht mehr ausreichen, müssen die betreffenden Verwaltungen an die Anlage eigentlicher Häfen herangehen. Die ersten Häfen sind wohl durchweg aus alten Rheinarmen, die an ihrem oberen Ende zugeschüttet und ausgebaut wurden, entstanden. Diese Häfen ließen sich mit verhältnismäßig geringen Kosten ausführen. Manche von ihnen haben aber den Fehler, daß ihre Wasserflächen nicht im richtigen Verhältnis zu den Schiffsabmessungen stehen; beispielsweise besitzt der alte Mainzer Zollhafen eine unnütz große Wasserfläche, die nicht voll ausgenutzt wird. Auf ähnliche Art sind auch viele der Schutzhäfen entstanden. Andre Schutzhäfen wurden gebildet, indem man das außerhalb des Hochwasserprofils gelegene Überschwemmungsgebiet ausbaggerte und mit einem Hochwasserschutzdamm umgab.

Wenn den Umschlagplätzen kein alter Rheinarm zur Verfügung stand, so mußte der Hafen im festen Ufer ausgehoben werden. Zuerst entstand meistens so der Hafen mit einem Wasserbecken, und als dieser nicht mehr ausreichte, führte der weitere Ausbau zur Anlage von Stichbecken; das erste Hafenbecken wird zum Hafenkanal, der in den Strom ausmündet und von dem die verschiedenen Seitenbecken abzweigen. Man ist zu der Zusammenfassung mehrerer Hafenbecken zu einem Hafenkanal gezwungen, um nur eine Ausmündung in den Rhein zu erhalten, die durch dauernde Baggerungen offen gehalten werden muß. Jede Hafenausmündung stellt eine Verbreiterung des Flußprofils mit verhältnismäßig ruhigem Wasser dar, in der sich Sand, Kies, Schlamm ablagert. Nicht immer sind die Stichbecken an einen künstlichen Hafenkanal angeschlossen. Gustavsburg ist ein Beispiel für die Anlage verschiedener Seitenbecken an einem Nebenarm des Rheines. Karlsruhe mußte seine zuerst ausgebauten drei Hafenbecken infolge der entfernten Lage der Stadt vom Rhein durch einen 1500 m langen Kanal mit dem Rhein verbinden. Dieser Kanal bietet eine günstige Gelegenheit zu Erweiterungen, da sich von ihm aus eine große Zahl Stichbecken anlegen lassen.

Die Grundrißanordnungen der Häfen im Bild zu bringen dürfte sich erübrigen. Sie sind in den vielen Zeitschriften und Jahrbüchern der letzten Jahre, die sich mit verkehrswasserbaulichen Fragen befassen, zu finden.

Viele der älteren Häfen haben den Fehler, daß sie nicht erweiterungsfähig sind. Man hat bei Anlage des Hafens versäumt, spätere Erweiterungen für den wachsenden Verkehr vorzusehen, oder hat die mögliche Verkehrszunahme unterschätzt. Infolgedessen haben die sich ausdehnenden Städte das Hafengebiet vollständig eingeschlossen, und die Verkehrszunahme zwingt nun, einen neuen Hafen räumlich getrennt von dem ersten anzulegen. So finden wir an einem Ort mehrere vollständig von einander unabhängige Hafenanlagen (z. B. Köln, Frankfurt). Heutigen Tages dürfte es wohl keine Gemeinde beim Ausbau ihres Umschlagplatzes unterlassen, durch einen Hafenbebauungsplan die Erweiterungsmöglichkeit für die Zukunft sicherzustellen.

Abgesehen von der Erweiterungsmöglichkeit findet man auch in vielen Häfen, die noch nicht einmal vollständig ausgebaut zu sein brauchen, daß ihre Anlagen einem neuzeitlichen wirtschaftlichen Betrieb nicht entsprechen; die Becken und Kailängen stimmen nicht überein mit den Schiffsabmessungen; die Eisenbahnanlage genügt nicht den Forderungen einer raschen Bedienung. Hier darf man wohl nicht von Unterlassungssünden der Erbauer sprechen. Diese konnten unmöglich übersehen, welche Entwicklung Eisenbahn und Schiffahrt nehmen würden. Solche verbaute Anlagen den neuzeitlichen Forderungen anzupassen, dürfte fast immer unmöglich oder doch außerordentlich schwierig sein. Beispiele hierfür sind: Ungenügende Breite der Kais, auf denen sich nicht die notwendige Zahl Gleise verlegen läßt, weil sie mit Schuppen und Lagerhallen zugebaut sind, oder: veraltete Drehscheibenanschlüsse, die in vielen Fällen nicht durch Weichen und auch nicht durch die neuerdings eingeführte 30 m-Kurve ersetzt werden können. Es bleibt meistens nichts andres übrig, als die Betriebserschwernisse alter Bauarten auch weiter in den Kauf zu nehmen. Bei allen Hafenneubauten sollte man, abgesehen von der schon vorhin verlangten Erweiterungsmöglichkeit, auch etwaigen Änderungen des Betriebes und der Betriebsmittel Rechnung tragen; dies kann nur so geschehen, daß man darauf verzichtet, die Anlagen nach dem zurzeit geltenden Mindestmaß auszubauen, sondern sie von vornherein etwas reichlicher als notwendig bemißt.

Einfassung der Ufer.

Die Art der Ufereinfassung, die man in den Rheinhäfen anwendet, ist zum Teil durch den Zweck, dem die Häfen dienen, bedingt. Schutzhäfen, die nur bei Hochwasser und Eisgang aufgesucht werden und in denen kein Umschlagverkehr stattfindet, erhalten das billige geböschte Ufer, das unter Mittelwasser durch Steinschüttung, über Mittelwasser durch Abrollung befestigt ist.

Für die Ufereinfassung der Verkehrshäfen ist entscheidend, daß der Umschlagverkehr von Schiff auf Land und umgekehrt möglichst erleichtert wird. Die Umschlageinrichtungen der Handelshäfen (meist fahrbare oder feststehende Drehkrane) müssen das Schiff, die Gleise auf dem Kai und den Schuppen oder die Lagerhallen bedienen können. Da die Reichweite der Krane ihre Grenzen hat, ist man bestrebt, das Schiff dem Lande möglichst nahe zu bringen. Die einfachste Lösung hierfür ist die senkrechte Ufereinfassung. Vor 30 bis 40 Jahren war am Rhein wohl allgemein üblich, die steilen Ufermauern massiv auszubilden. So finden wir massive Mauern, auf Steinschüttung gegründet, in Mainz, massive Ufermauern, zwischen Spundwänden im Trocknen gegründet, in Karlsruhe, Mainz, Köln, Frankfurt, Kaimauern auf Brunnen mit zwischengespannten Gewölben in Ruhrort, Walsum, Rheinpreußen. Die Einführung der Eisenbetonbauwerke brachte die Möglichkeit, an Massen im Vergleich zu den massiven Mauern zu sparen. Die Gründungen verbilligen sich, indem man die Mauer auf Pfahlroste setzt. Eine Eisenbetonwand auf Pfählen hat Düsseldorf. In Schwelgern ist die Hafenmauer als Winkelstützmauer ausgebildet, die beweglich auf einer Eisenbetonkonstruktion gelagert ist, damit sie bei Bodensenkungen infolge des Bergbaubetriebes nachgeben kann.

Weiter verwendet man senkrechte Ufereinfassungen, die durch verankerte Spundwände aus Eisenbeton oder Eisen gebildet werden. Diese Bauart findet man schon mehr in den Industriehäfen als in den Handelshäfen. Als Beispiel für eine senkrechte eiserne Uferwand kann Mülheim angeführt werden. In den Ruhrorter Häfen hat man die Ufereinfassungen in den Jahren 1906 bis 1908 auch aus Eisenbetonspundwänden hergestellt. Während in den älteren Teilen des Ruhrorter Hafens die Ufer nur als Böschungen aus Steinschüttung und Pflaster ausgebildet wurden, hat man 1906 bis 1908, um an Gelände zu sparen, dem oberen Böschungspflaster eine Fußstütze aus Eisenbetonspundbohlen gegeben, man hat also in die Böschung ein senkrechtes Zwischenstück eingeschaltet. Da massive senkrechte Ufereinfassungen kostspielig sind, so hat man sich verschiedentlich (zumal in neuerer Zeit) darauf beschränkt, nur einen Teil des Ufers steil auszubilden. Beispielsweise besteht im Industriehafen Köln-Deutz die Ufereinfassung unterhalb des Bauwasserstandes aus geböschter Steinschüttung, oberhalb aus einer steilen 2 : 1 geneigten Betonmauer. In andern Häfen hat man die Anordnung umgekehrt getroffen; man hat den untern Teil als senkrechte Ufermauer ausgebildet und den oberen Teil als Böschung (z. B. in Hanau und Aschaffenburg). Diese letzte Anordnung erlaubt,

Krane auf der schrägen Böschung laufen zu lassen; die wasserseitige Kranschiene liegt unten auf der Mauer, die landseitige oben auf der Böschung. Ein Umschlaghafen, dessen Ufer überwiegend aus Pflasterböschungen (teilweise auch aus Holzspundwänden) bestehen, ist Gustavsburg; man hat hier die Böschung mit festen Holzgerüsten überbaut, auf denen die Krane laufen.

Große Industriehäfen werden wohl meistens mit Uferböschungen angelegt, denn man kann die großen Kranbrücken über den Lagerplätzen leicht so weit auskragen lassen, daß sie über die Böschung weg bis zu den Schiffen reichen. (Beispiele Karlsruhe, Mannheim.) Auch lassen sich Häfen mit geböschten Ufern leicht mit Kabelkranen bedienen. Das Bestreben, bei Häfen die teuren Ufermauern zu sparen, hat dazu geführt, auch für Handelshäfen Krane zu bauen, die an nicht ausgebauten Ufern laufen können.

Umschlageinrichtungen.

Alle vorstehend besprochenen wasserbaulichen Anlagen bleiben solange wertlos, als sie nicht mit guten, leistungsfähigen Umschlageinrichtungen ausgerüstet sind, welche das Gut vom Wasser aufs Land oder umgekehrt bringen können, und als weiter nicht gute Landverkehrswege (Straßen und Eisenbahn) für Ab- und Zufuhr des Gutes vorhanden sind. Der Privathafen kann seine Umschlageinrichtungen seinen besonderen Bedürfnissen genau anpassen; der öffentliche Hafen, der seine Einrichtungen der Allgemeinheit zur Verfügung stellt, ist nicht immer in der Lage, seine Umschlaganlagen für bestimmte Zwecke einzustellen; die Anlage wird manche Umschlaggeschäfte übernehmen müssen, für die sie nicht gebaut ist, und durch die infolgedessen ihre Leistungsfähigkeit nicht ausgenutzt wird. Es braucht aber nicht befürchtet zu werden, daß die Rheinhäfen in ihren Umschlaganlagen rückständig bleiben. Der Wettbewerb zwingt dazu, rechtzeitig veraltete Krane durch neuzeitliche zu ersetzen. Der Schiffer, der sich die Ausnutzung seines Fahrzeuges angelegen sein läßt, bevorzugt in erster Linie diejenigen Häfen, von denen er weiß, daß er infolge leistungsfähiger Umschlageinrichtungen mit kürzester Liegefrist rechnen kann.

In den Kohlenumschlaghäfen des Niederrheins finden wir Verladeanlagen, die lediglich für die Verladung ins Schiff eingerichtet sind. In Duisburg-Ruhrort hat sich das Fördermittel der Kohle von der Zeche zum Schiff im Laufe der Zeit vom einfachen Schiebkarren zur Verladebrücke und Kipper entwickelt. 1881 wurden die Schwergewichtkipper für Eisenbahnwagen gebaut. Diese sind heute übertroffen durch die leistungsfähigeren elektrischen Kipper. Zwischen Kipper und Schiff wird zur Verminderung der Fallhöhe und Grusbildung ein Trichter eingeschaltet, der gleichzeitig als Ausgleichbehälter bei Stockungen in der Zufuhr oder Abfuhr dient. Die alten Schwergewichtkipper können in 12 h bis 120 Eisenbahnwagen entladen; die Kopfkipper mit Kippmotor können durchschnittlich in 12 h 200 Eisenbahnwagen bewältigen. Kommt neben der Verladung der Kohle ins Schiff auch noch vorübergehende Lagerung auf dem Kai in Frage, so wählt man jetzt die Waggonkipperbrücke. Das eigentliche Kippergeschäft besorgt eine am Untergurt der Brücke laufende Katze, die eine Bühne trägt. Die Bühne nimmt die Eisenbahnwagen auf und kippt sie über dem Schiff oder dem Lagerplatz aus. Während man zuerst der Kipperkatze nur das Heben und Senken, das seitliche Verschieben und das Kippen übertrug, fügt man jetzt als weitere Bewegung die Drehung hinzu. Die drehbare Kipperkatze hat den großen Vorteil, daß die Kranbrückenanlage vollständig unabhängig von der Gleisführung wird. Die Leistungen der einfachen Kipperkatze dürfen zu 8 bis 12 Wagen, die der Drehkipperkatze zu 12 bis 20 Wagen in der Stunde angenommen werden. Soll die Kohle bei etwaigen Störungen in der Zufuhr oder Abfuhr gelagert werden können, oder soll die Verladebrücke zum Fördern von Gut aus dem Schiff ans Land benutzt werden, so muß die Brücke mit einem oder mehreren Greifern ausgerüstet werden. Man läßt die Greiferdrehkrane auf dem Obergurt laufen, während die Kipperkatze auf dem Untergurt läuft, oder man hängt an Stelle der Kippbühne einen Selbstgreifer (Bauart Demag) an. Das Fassungsvermögen der Greifer auf den Kranbrücken ist

Abb. 6. Vollportalkran der August-Thyssen-Hütte in Mannheim, 8 t Tragfähigkeit, 20 m Ausladung, für Greifer- oder Klappkübelbetrieb.

sehr verschieden. Normale Greifer dürften etwa 2 bis 6 m^3 = 1,6 bis 5 t Kohle fassen. Mit den Greifern kann man, wenn die Arbeitswege nicht zu groß sind, 35 bis 40 Spiele in der Stunde erreichen.

Ein Vorteil der großen Kranbrücke ist, daß sie senkrechte Ufermauern nicht nötig hat, oder daß, wenn alte Ufermauern vorhanden sind, die Kranbrücke so ausgebildet werden kann, daß die Mauern vollständig unbelastet bleiben.

In Privatkohlenversandhäfen am Niederrhein kommt an Stelle der Kipperverladung noch die Kübelverladung. Die Kohlen werden in Sonderkübeln mit der Bahn zum Hafen gebracht. Die Kübel werden durch einen Kran vom Wagen abgenommen und dann dicht über dem Boden des Schiffes entleert. Diese Verladung ist vorteilhaft wegen der schonenden Behandlung der Kohle. Die Kübel werden mit einem Fassungsvermögen von 7½ bis 10 t gebaut; von den Kübeln werden 3 bis 7 Stück auf vollspurige Eisenbahnwagenuntergestelle gesetzt. Die Kübelkrane können stündlich etwa 25 Kübel vom Eisenbahnwagen abheben und ins Schiff entleeren.

In den städtischen Handelshäfen des Rheins wird als Umschlagmittel fast ausnahmslos der Drehkran angewendet. Als Antrieb dient bei älteren Anlagen vereinzelt noch Druckluft, jetzt fast allgemein elektrische Kraft, die wirtschaftlicher arbeitet. An Ausladestellen ohne Stromzuführung wird der Dampfdrehkran vorteilhaft verwendet. Da die Drehkrane ziemlich viel Platz beanspruchen, das Kaigelände aber kostspielig ist, so wird der Kai mit allen Gleisen und Ladestraßen durch ein Voll- oder Halbportal, das den Drehkran trägt, überspannt. Auf diese Art nimmt der Kran nur einen schmalen Streifen des Kais in Anspruch. Ob Halb- oder Vollportal, richtet sich danach, ob Gebäude zur Anbringung einer oberen Kranschiene vorhanden sind. Die Drehkrane werden im allgemeinen für 1,5 bis 5 t Tragfähigkeit bemessen; die Leistungen der Krane ergeben sich aus etwa 30 bis 40 Kranspielen in der Stunde, mit denen man bei günstigen Verhältnissen rechnen kann. Das äußerste Maß für die Reichweite der Drehkrane dürfte 25 m sein.

Die größeren Rheinhäfen besitzen neben diesen Kranen einzelne schwere Stückgutdrehkrane (für 10, 20 und 30 t Tragfähigkeit), damit man auch schwere Einzellasten umschlagen kann. Die Anordnung des Drehkrans auf einem Portal erlaubt auch, wie bei jeder Verladebrücke, auf dem Untergurt des Portals eine Katze laufen zu lassen, wodurch selbstverständlich der Umschlag beschleunigt wird. Um auch geböschte und unausgebaute Ufer als Umschlagufer ausnutzen zu können, hat man neuerdings Versuche zur Herstellung von Kranen unternommen, die auf Schwimmkästen und auf einer landseitigen Kranschiene gelagert werden. Durch Wasserballast im Schwimmkasten wird die jederzeitige Anpassung des Krans an den Rheinwasserstand erreicht. Der Kran soll, da er außer auf dem Schwimmer nur auf einer Schiene läuft, leicht beweglich sein und ziemlich scharfe Kurven umfahren können.

Während der Handelshafen nur den Umschlag zwischen Schiff und Landfuhrwerk vermitteln, dabei aber

Abb. 7. Fahrbare Vollportale mit Patentgreiferwindewerk, Tragfähigkeit 20 t, Ausladung 15,5 m.

Abb. 8. Halbportalkran der Rheinunion, Mannheim, 5 t Tragfähigkeit, 19 m Ausladung, für Greifer- und Stückgutbetrieb.

auch die Möglichkeit der zwischenzeitlichen Lagerung der Waren geben soll, dient der Industriehafen bestimmten Unternehmungen als Empfangsstelle der notwendigen Rohstoffe (Kohle, Erze u. dergl.) und als Abfertigungsstelle für die Erzeugnisse. Der Industriehafen verlangt also große Lagerflächen am Ufer, die von Verladeanlagen bedient werden können. Die Umschlaganlage muß daher als große fahrbare Kranbrücke mit Drehkran oder Laufkatze ausgebildet werden. Verladebrücken finden wir in fast allen Industriehäfen (z. B. Mannheim-Rheinau, Karlsruhe, Frankfurt, Aschaffenburg, Duisburg-Ruhrort). Die Verladebrücken werden als Brücken aus einem Stück, die je nach der Bestimmung feststehen oder fahrbar sind, ausgebildet oder in zwei Teilen ausgeführt. Mit einem Portal überspannt man den Kai und hinter diesem mit einer Brücke den Lagerplatz. Portal und Brücke können miteinander gekuppelt werden. In Frankfurt-Osthafen hat man die Brücke über den Lagerplätzen feststehend und das Portal fahrbar ausgebildet; im neuen Hafen Aschaffenburg können sowohl Portal wie Brücke verfahren werden. Die Tragfähigkeit der Brücken ist verschieden; den Greifern für Kohlenumschlag wird man wohl im Höchstfalle 10 t Tragfähigkeit geben; für Erzverladung dürfte die Grenze bei 20 t liegen. Bei größerem Fassungsvermögen wird der Greifer zu unhandlich.

Verhältnismäßig selten sind in den Industriehäfen die Kabelkrane, die sehr gut geeignet sind, nicht allein Lagerplätze, sondern auch Hafenbecken zu überspannen, und infolgedessen die Entladung von Schiffen, die weit vom Ufer weg liegen, ermöglichen. Einen Kabelkran hat beispielsweise Mannheim (Thyssen-Hafen).

Vielfach vergewissert sich der Besteller bei der Beschaffung von Umschlaganlagen nie über den Kraftbedarf der ihm angebotenen Anlagen. Vielmehr genügt ihm, wenn die Umschlageinrichtung die geforderte Leistungsfähigkeit hat. Meines Erachtens ist aber notwendig, daß man bei der Wahl einer Krananlage neben der Leistungsfähigkeit auch ihren Kraftbedarf berücksichtigt. Nachstehend gebe ich ein paar Zahlen bei elektrischem Umschlag an, die mir von unterrichteter Seite überlassen wurden:

a) Massenumschlag:

0,35 kWh/t in Worms,
0,4 bis 0,6 kWh/t in Duisburg,
0,35 kWh/t in Duisburg (Kipperkatzenbetrieb),
0,4 bis 0,8 kWh/t in Mannheim,

b) Stückgutumschlag:

0,7 bis 0,9 kWh/t normal,
0,4 kWh/t in Mannheim.

Zur Erläuterung des über die Umschlageinrichtungen Gesagten sollen Abb. 6 bis 12 dienen, die von der Maschinenbau A.-G. Tigler ausgeführte Umschlageinrichtungen zeigen. Abb. 6 und 7 sind Vollportalkrane an senkrechten Ufermauern; in Abb. 8 wird die schräge Uferböschung durch ein Halbportal ausgenutzt, Abb. 9 zeigt einen Vollportalkran auf besonderem Bockgerüst. In

Abb. 9. Portaldrehkran der Allgemeinen Speditionsgesellschaft für Greiferbetrieb mit einziehbarem Ausleger, Tragfähigkeit 6 t bei 21 m Ausladung, 8 t bei 16 m Ausladung.

Abb. 10. Erzverladebrücke, 74 m Spannweite, mit angehängtem, fahrbarem Erzbrecher und mit Greiferdrehkran, 20 t Tragfähigkeit, 14 m Ausladung, mit patentiertem Greiferwindwerk.

Abb. 10 wird eine Verladebrücke mit Greiferdrehkran und in Abb. 11 und 12 eine fahrbare Waggonkipperbrücke gezeigt.

Hafenbahnen.

Wenn die Güter nicht von Schiff auf Lager oder umgekehrt umgeschlagen werden sollen, sonder mit Landfuhrwerk oder Bahn weiterbefördert und herangebracht werden, so zwingt die Forderung der wirtschaftlichen Ausnutzung der Umschlageinrichtungen dazu, die Bahnanlagen so zu gestalten und zu betreiben, daß die Wagengestellung der Ladefähigkeit der Krane angepaßt ist. Wie die Eisenbahnanlagen der Häfen wirtschaftlich ausgestaltet werden sollen, zeigt Dr.-Ing. Cauer in seiner Schrift: „Eisenbahnausrüstung der Häfen". Ob die von Cauer geforderte Entwicklung der Hafenbahn vom Reichsverschiebebahnhof über Übergabegleise, Haupthafenbahnhof und Bezirksbahnhöfe zu den Kaigleisen möglich ist, dürfte von der Lage des Reichsbahnhofes zum Hafen abhängen. Wünschenswert ist es jedenfalls, daß die Hafenbahn diesen Grundsätzen angepaßt wird. Die bestehenden Hafenbahnanlagen der Rheinhäfen sind nicht so umfangreich. Wohl die meisten Hafenbahnen haben nur einen Verschiebebahnhof, der die Arbeiten des Haupthafenbahnhofs und der Bezirksbahnhöfe übernehmen muß. Dieser Haupthafenbahnhof erübrigt sich in solchen Häfen, wo die Reichsbahn den Betrieb führt, vorausgesetzt, daß der Anschlußbahnhof die Hafenverschiebegeschäfte übernehmen kann. Daß die Reichsbahn in ihren eigenen Häfen den Betrieb führt, ist selbstverständlich; denn es ist wünschenswert, daß Hafen und Hafenbahnen in einer Hand sind. Deshalb sehen auch die kommunalen und privaten Häfen darauf, daß sie die Bahn selbst betreiben. Kai, Umschlaganlagen, Bahnen hängen in Herstellung und Betrieb so zusammen, daß eine Trennung auf verschiedene Betriebführende nicht ratsam ist.

Es braucht nicht besonders erwähnt zu werden, daß die Hafenbahnen mit allen erforderlichen Einrichtungen und Nebenanlagen, wie Stellwerken, Ablaufberg, Gleiswagen möglichst mit Spill, Lokomotivschuppen, Wasser- und Bekohlungsanlagen, Ausbesserwerkstätten und dergl. ausgerüstet sind. Die heute selbstverständliche Forderung, daß alle vom Bahnhof zu den Kais und Ladestellen führenden Gleise ausschließlich durch Weichen zugänglich sein müssen, dürfte in fast allen Rheinhäfen erfüllt sein. Vereinzelt findet man wohl noch in Häfen senkrecht gegeneinander gerichtete Ufer, die nur durch Drehscheiben bedient werden können. Da Drehscheiben nur einzelne Wagen weiterbefördern können, also den Betrieb erheblich erschweren, wird jeder Hafen die Drehscheiben, wenn nur irgend möglich, entfernen.

Die Uferlänge ist einem Bedienungszug anzupassen. Ist die Uferlänge größer, so daß die Bedienung zwei Züge erfordert, so müssen die Zufahrtgleise derart ausgebildet werden, daß der Betrieb sich auf beiden Teilen unabhängig voneinander abwickeln kann. Die Zahl der Ufergleise dürfte wenigstens auf drei zu bemessen sein, von denen zwei Ladegleise und eins Durchfahrtgleis sind. Alle drei Gleise müssen in kurzen Abständen durch Weichen verbunden sein, damit man ohne Störung der Ladegeschäfte Wagen in die Ladegleise oder aus diesen schieben kann. Wenn in Häfen weniger als drei Gleise angelegt sind, so ist dies mit einer Behinderung und Erschwerung des Betriebes verbunden.

Sehr verschiedenartig ist die Betriebsführung der Hafenbahnen in den Rheinhäfen. In einzelnen Häfen betreibt die Hafenbahn die Reichsbahn selbst (z. B. Ruhrort, Gustavsburg, Mannheim, Karlsruhe); andere Häfen werden von einer Privatbahn bedient (Wesseling). Wieder andere Häfen, die mit eigener Hafenbahn an die Reichsbahn angeschlossen sind, haben die Hafenbahn als Kleinbahn (Krefeld, Köln-Deutz, Köln-Mülheim, Neuß) oder als Privatanschlußbahn (Frankfurt a. M., Köln linksrheinisch, Mainz) konzessioniert erhalten. Die Häfen mit Reichsbahnbetrieb haben gegenüber den übrigen Häfen den Vorteil, daß in ihnen nur niedrig bemessene Stell- und Bahnhofgebühren erhoben werden. Die Reichsbahn ist hierzu in der Lage, da sie die Ausgaben für Nebenarbeiten aus den Einnahmen der Hauptbeförderung deckt. Die Häfen mit Kleinbahnen oder Privatanschlußbahnen, welche die Bahn selbst betreiben, müssen ihre Hafenbahntarife hoch bemessen, da sie die Nebenkosten nicht abwälzen können, sondern diese auf die verhältnismäßig kurze Beförderungsstrecke verrechnen müssen. Solche Häfen haben daher im Wettbewerb mit den von der Reichsbahn bedienten Häfen einen schweren Stand.

[B 624]

RZ 624 Z 11

Abb. 11. Fahrbare Waggonkipperbrücke mit drehbarer Plattform (Katze vereinigt mit Greiferspindwerk nach System Demag), Tragfähigkeit 55 t, Spannweite 70 m, Ausladung 31 m.

RZ 624 Z 12

Abb. 12. Waggonkipperbrücke, Abb. 11, von vorne gesehen.

Der elektrische Antrieb beim Abbau in Schlagwettergruben.

Bei dem außerordentlichen Anwachsen der Zahl der beim Abbau der westfälischen Steinkohle benutzten Arbeitsmaschinen ist der elektrische Antrieb leer ausgegangen. Der Grund für die weitgehende Verwendung des Druckluftantriebes liegt in der Hauptsache in Befürchtungen hinsichtlich der Schlagwettersicherheit und Feuersicherheit der elektrischen Anlagen. Daß dieses Vernachlässigen des elektrischen Antriebes nicht berechtigt scheint, zeigt der jahrelange störungsfreie Betrieb elektrisch angetriebener Arbeitsmaschinen auf den sächsischen Steinkohlengruben der Lugau-Oelsnitzer und Zwickauer Bezirke, wie auch auf den niederschlesischen und englischen Gruben.

Die Prüfung der Brauchbarkeit des elektrischen Antriebes hat sich auf zwei wesentliche Punkte zu erstrecken: die Sicherheit, insbesondere die Schlagwettersicherheit und die technische Brauchbarkeit der zur Verfügung stehenden, elektrisch angetriebenen Arbeitsmaschinen. Zur Sicherheit der elektrischen Anlagen ist zu bemerken, daß die Zündgefahr elektrischer Funken für Schlagwetter bei dem im Grubenbetriebe meist angewandten Drehstrom bedeutend geringer ist als bei Gleichstrom. Eine ortfeste elektrische Beleuchtungsanlage mit Lampen von geringer Stromstärke unter 0,5 A kann bei der geringen Wärmekapazität der Lampen als praktisch ungefährlich angesehen werden und sollte daher als erster Teil einer elektrischen Anlage überall im Abbau eingerichtet werden. Die vollkommene Einkapselung aller Teile an Motoren, Anlaßwiderständen, Schaltern usw., an denen betriebsmäßig offene Funken auftreten könnten, gestattet einen völlig schlagwettersicheren Abschluß dieser Teile. Bei ventiliert gekapselter Ausführung der Motoren ist der Plattenschutz, der aus einer Anzahl mit 0,5 mm Abstand übereinander geschichteter, ringförmiger Bleche besteht, für die stark staubhaltige Grubenluft nicht zu empfehlen. Bei der starkwandigen Einkapselung ist auf breite Flanschen an allen Deckeln, gute Sicherung aller Schrauben usw. zu achten, damit etwaige Explosionsflammen unter die kritische Temperatur von rd. 600 °C abgekühlt werden. Für die im Abbau nötigen kleinen Leistungen kommen nur gewöhnliche asynchrone Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer in Frage, die sich ganz ohne funkende Teile bauen lassen. Damit sich diese durch den elektrischen Strom nicht erwärmen, ist nach den Schlagwettervorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker die Wicklung so reichlich bemessen, daß die Erwärmung rd. 25 vH unter den sonst zugelassenen Temperaturen liegt und die Isolationsfestigkeit der Wicklung sowie der Luftspalt zwischen Ständer und Läufer um rd. 50 vH gegenüber den normalen Werten vergrößert werden müssen. Um die Schalter schlagwettersicher zu bauen, genügt bei kleinen Spannungen und Stromstärken ebenfalls die Einkapselung durch ein Gehäuse, dessen Wandungen 8 at Überdruck aushalten. Die für kleine Stromstärken und Spannungen übliche Form der Sicherungen, die gewöhnliche Patronensicherung, läßt sich bei den im Abbau in Betracht kommenden Motorenleistungen ohne weiteres verwenden. Die Rücksichten auf unbedingte Feuersicherheit verlangen neben guter Ausführung auch eine gute Instandhaltung der Anlage. Zu beachten ist, daß bei fest verlegten Kabeln im Abbau der leicht brennbare Schutz der Drahtbewehrung mit geteerter Jute fortzulassen ist, und daß an allen tragbaren Maschinen ölgekapselte Schalter unbedingt zu vermeiden sind. Bei den biegsamen Kabeln für bewegliche Maschinen ist ein bedeutender Fortschritt durch die Gummischlauchkabel erreicht worden.

Die Arbeiten, die vor Ort mit Hilfe von Maschinen ausgeführt werden können, bestehen im Gewinnen und Befördern der Kohle nach den eigentlichen Förderstrecken. Für das Gewinnen der Kohle werden Bohrmaschinen zum Herstellen der Schießlöcher sowie Kohlenhacken und Abbauhämmer und endlich Schrämmaschinen benutzt, von denen sich die Bohrmaschinen und Schrämmaschinen sehr gut für den elektromotorischen Antrieb eignen. Die leichten und handlichen elektrischen Drehbohrmaschinen mit einem Gesamtgewicht von 11 kg sind mit einem Drehstrom-Kurzschlußläufermotor von etwa 0,7 kW ausgerüstet. Sie haben den besonderen Vorteil, daß sie nicht wie Bohrhämmer durch starke Erschütterungen auf den Körper des Häuers gesundheitsschädlich einwirken können, und daß die Kohle im Bohrloch mehr gebrochen wird, daher grobkörnig ist und infolgedessen nicht so viel Staub entwickelt. Die reine Bohrleistung der Maschine in westfälischer Kohle beträgt rd. 1 m/min. Die wichtigste Ersatzmaschine zum Einschränken des Schießbetriebes ist die Schrämmaschine, die die Möglichkeit schafft, Flöze von geringer Mächtigkeit mit wirtschaftlich günstigem Erfolg abzubauen. Sie wird bei einer Bauhöhe von 350 bis 400 mm mit vollkommen gekapseltem Drehstrommotor mit Kurzschlußläufer bis zu 30 kW Leistung ausgerüstet. Auch die kleine Kohledrehbohrmaschine hat man mit Erfolg zum Herstellen eines Schrames verwendet, nachdem man die Bohrspindel gegen eine mit kleinen Schrämmeißeln besetzte Schrämstange ausgewechselt hat, und eine Schrämleistung von 1 m² in 6 bis 8 min erreicht. Im Anschluß an die beschriebenen elektrischen Abbaumaschinen ist noch die elektrische Stoßbohrmaschine zu erwähnen, die trotz ihres großen Gesamtgewichtes von 110 kg sich für den Streckenvortrieb als sehr brauchbar erwiesen hat. Eine Lücke unter den elektrischen Abbaumaschinen bedeutet noch das Fehlen eines brauchbaren elektrischen Abbauhammers wie einer elektrischen Kohlenhacke; diese läßt sich jedoch leicht durch Beibehalten des Druckluftantriebes für die genannten Arbeitsmaschinen sowie Erzeugung der Druckluft in kleinen, in unmittelbarer Nähe der Abbaubetriebe aufgestellten elektrischen Kompressoren ausfüllen.

Zum Fortschaffen der im Abbau gewonnenen Kohle nach den Hauptförderstrecken dienen Schüttelrutsche und Haspel. Einen brauchbaren elektrischen Schüttelrutschantrieb hat man erst nach dem Kriege gefunden. Um ein möglichst schnelles Fortbewegen der Kohle in der Förderrinne zu erreichen, muß man diese nach einem bestimmten Bewegungsgesetze hin- und herbewegen. Die Rinne muß nämlich nach Erreichen der Höchstgeschwindigkeit in der Bewegungsrichtung plötzlich angehalten werden, damit das Fördergut unter dem Einfluß der ihr erteilten Bewegungsenergie vorwärtsrutscht. Beim Rückwärtshub muß die Geschwindigkeit der Rinne schnell ihren Höchstwert erreichen und dann langsam bis zum Umkehrpunkt auf Null abnehmen. Durch Einschalten zweier verschieden starker Schraubenfedern in die Antriebvorrichtung wird die Bewegung nach dem eben geschilderten Bewegungsgesetz erreicht. Unterstützt wird die Wirkung der beiden Federn durch pendelndes Aufhängen oder Lagerung der Förderrinne auf Rollen mittels kurvenförmiger Zwischenstücke, wodurch eine Wurfbewegung der Kohle in der Förderrichtung erzielt wird. Das Höchstmaß an Fördermenge wird bei verschiedenem Einfallen durch Ändern der Hubzahl und Hublänge erreicht. Bei einer Rutschenlänge von 60 bis 80 m und einem Einfallen von 4 bis 5° sowie einer stündlichen Fördermenge von 30 bis 40 t verbraucht der Antrieb 4 bis 6 kW. Sein geringes Gewicht von nur 520 kg einschließlich Motor gestattet, ohne besondere Fundamente zu arbeiten. Ein wichtiger Vorteil des elektrischen Schüttelrutschenantriebes ist außer einem praktisch geräuschlosen Gang, daß er selbst bei Überlastung mit stets gleicher Drehzahl arbeitet.

Die mit der Schüttelrutsche gefüllten Wagen werden zur Hauptförderstrecke in großem Umfange durch kleine Säulenhaspel für rd. 300 kg Zugkraft bei 0,5 bis 0,75 m/s Seilgeschwindigkeit gezogen, bei denen Trommel nebst Getriebe und Antriebmotor an einer kräftigen Spannsäule angebaut sind. Man verwendet hierbei gern statt der gewöhnlichen Kurzschlußläufermotoren solche mit Wirbelstromläufern, bei denen die Leerlaufverluste während der Pause zwischen zwei Zügen erspart werden und dennoch ein ausreichendes Anfahrmoment bei verhältnismäßig geringem Anfahrstrom erreicht wird. Die Wirkung des Motors beruht darauf, daß die Läuferwicklung aus dicken Kupferstäben zusammengesetzt ist und in diesen entsprechend der Größe des Schlupfes starke Wirbelströme induziert werden, die das Anfahrmoment gegenüber einem Kurzschlußläufer wesentlich erhöhen. Eine weitere für den Abbau wichtige Maschine ist der kleine Lüfter für Sonderbewetterung. Der hohe Luftverbrauch von 200 m³ Druckluft für 1 t Förderung ist mit dadurch begründet, daß Druckluft weitgehend auch für die Sonderbewetterung verwendet wird. Demgegenüber ist auch die Bewetterung durch einen kleinen, unmittelbar mit einem Drehstrommotor mit Kurzschlußläufer zusammengebauten Lüfter sehr bequem und einfach, da der ganze Lüfter leicht in der Wetterlutte eingebaut werden kann.

Auch wirtschaftliche Gründe können elektrische Maschinen an Stelle der Druckluftmaschinen vor Ort nötig machen. Wenn sich auch der Preis der einzelnen elektrischen Maschine etwas höher stellt, so ist doch der Unterschied zwischen den unmittelbaren Betriebskosten bei elektrischem und bei Druckluftantrieb so hoch, daß demgegenüber die mit dem Kapitaldienste zusammenhängenden Ausgaben ganz zurücktreten. Ein erheblicher Teil des Druckluftverbrauches von 200 m³/t Förderung, der die Folge hat, daß der rheinisch-westfälische Kohlenbergbau durch die Druckluftwirtschaft mit jährlich etwa 45 Mill. ℳ belastet wird, ist stets auf unvorschriftsmäßige Verwendung für Ortbewetterung zurückzuführen. Die wirtschaftlichen Schwierigkeiten, die augenblicklich der schnellen Einführung des elektrischen Antriebes hindernd im Wege stehen, lassen sich umgehen durch die Möglichkeit, den elektrischen Antrieb vor Ort schrittweise einzuführen und die durch die Elektrisierung eines Teiles der Anlage erzielten Ersparnisse in der Erweiterung des elektrischen Antriebes anzulegen. [N 626] **Prockat.**

[1] Auszug aus dem Votrag von Prof. Dr-Ing. eh. Philippi, Berlin, auf der Kohlentagung in Essen.

Die Rheinschiffahrt.

Von Obering. Reinh. Zilcher, Duisburg-Ruhrort.

Die Anfänge der Dampfschiffahrt werden geschildert und die verschiedensten Schiffsgattungen der neueren Zeit hinsichtlich Bauart, Leistungsfähigkeit und z. T. Wirtschaftlichkeit erläutert.

Der Rhein ist ein ungleich wichtigerer Verkehrsweg als jeder andere deutsche Strom, da hochentwickelte Kulturländer mit wertvollen Handelserzeugnissen an ihn grenzen und ein natürlicher Wasserausgleich, nämlich die Speisung durch Gletschereis in der Sommerdürre, ihn dauernd befahrbar hält.

Entsprechend der Güterbewegung ist die Verkehrstechnik vielseitig und hochwirtschaftlich entwickelt. Der Flußschiffbau wird durch mehrere am Rhein gelegene Werften nach wissenschaftlichen Verfahren betrieben. Der aus besonderen Gründen unter vorteilhafteren Bedingungen arbeitende ausländische Wettbewerb spornt die deutschen Werften zu immer neuen Anstrengungen an. Wärmetechnisch musterhaft ausgeführt sind die mit hochüberhitztem Dampf betriebenen Kolbenmaschinen. Die Dampfturbine und der Dieselmotor treten ihnen ebenbürtig, wenn nicht überlegen, zur Seite. Die Konstruktionen der Schiffskörper gehören zu den schwierigsten Aufgaben der Schiffbautechnik, da bei den verhältnismäßig geringen Fahrtiefen die denkbar größte Herabsetzung des Eigengewichtes verlangt wird und außerordentlich niedrige Brücken, namentlich zwischen Straßburg und Basel, die Ausbildung der Längsversteifung erschweren. Wir finden trotzdem durchaus widerstandsfähige Schiffe ausgeführt, in Stärken und Ausmaßen, wie auf keinem andern Strom Europas.

Geschichtliches.

Mit der feierlichen Verkündung der „Freiheit der Rheinschiffahrt" im Pariser Frieden 1814, der Niederringung der Sonderrechte der Kleinstaaten und Städte am Rhein, wie Stapelrecht und Zollerhebung, der Bildung von Wasserbauämtern, einer Zentralkommission zur Überwachung des Rheinschiffahrtsbetriebes und der Einführung des Eichzwanges wurde der Boden zur Entwicklung der Großschiffahrt im 19. Jahrhundert aufs günstigste vorbereitet.

Zwar blickten die einem überwundenen Zeitgeist angehörenden, teilweise in Trümmer gelegten Rheinburgen am Ausgangspunkt dieses neuen Zeitraumes schon auf eine sehr lebhafte, aber mehr örtlich betriebene Schiffahrt mit Segelnachen bis 200 t Ladefähigkeit, die streckenweise durch Menschen und Pferde auf schlecht gepflegten Leinpfaden gezogen wurden, außerdem sandte der Schwarzwald mächtige Flöße in die Niederlande zum Bau der Städte und ihrer Flotten.

Es war in der Mitte des Jahres 1816, als zum ersten Male der Fahrgastdampfer „Prinz von Oranien" aus London kam und den Rhein befuhr; ihm folgte im Jahre 1817 die „Caledonia" von James Watt. Mit diesen Schiffen sollte zunächst versucht werden, gegen die Strömung anzukämpfen. Von 1820 an verkehrte dann der Dampfer „Hoffnung von Antwerpen", und von 1825 an die Schiffe „Agrippina" und „Niederländer" zur Beförderung von Gütern und Fracht ständig auf dem Rhein, nachdem im Jahre 1824 der berühmte Schiffbauer Röntgen mit dem „Seeländer" bis Mainz und später mit dem Dampfer „Rhein" bis Straßburg gelangt war. Nach diesen ausländischen Unternehmungen eröffnete im Mai 1827 die deutsche „Preußisch-Rheinische D.-Sch.-Gesellschaft" mit der „Concordia" einen regelmäßigen Dienst zwischen Köln und Mainz und beförderte im ersten Jahr 18 000 Fahrgäste und 2850 t Frachtgut.

Es war natürlich, daß die Einführung der Dampfschiffahrt unter dem Einfluß des Auslandes, namentlich Hollands und Englands, stand. Der deutsche Flußschiffbau konnte sich erst verhältnismäßig spät zur Selbständigkeit entwickeln, da die ausländischen Werften auf Grund älterer Erfahrung, niedriger Löhne, billigerer Baustoffe und Einführung von Schiffbeleihbanken sehr günstig liefern konnten. Der Wettbewerb war derart scharf, daß eine der bedeutendsten deutschen Werften am Niederrhein, die 1828 gegründet worden war, im Jahre 1898, also nach 70jährigem Bestehen, ihre Werkstätten schließen mußte. Es bedurfte besonderer Anstrengungen der übrigen deutschen Werften, um zu der heute anerkannten Leistungsfähigkeit zu gelangen.

Der erste deutsche Flußdampfer „Stadt Coblenz" wurde 1831 von der Werft der Gutehoffnungshütte, damals Jacobi, Haniel und Huyssen, Ruhrort, fertiggestellt; ihm folgte 1833 der Dampfer „Stadt Mainz". Diese Dampfer wurden noch aus Holz gebaut; der Eisenschiffbau begann erst Ende der 1830er Jahre infolge der Entwicklung des Eisenhüttenwesens. Das erste, für die Düsseldorfer Dampfschiffahrts-Gesellschaft in London ganz aus Eisen gebaute, 1839 in Dienst gestellte Boot war die schnelle und formschöne „Viktoria". Im Jahre 1841 kam der erste eiserne Schleppkahn von 244 t Ladefähigkeit auf den Rhein. Zur selben Zeit wurde die Schleppschiffahrt hauptsächlich durch folgende Firmen aufgenommen: die Kölnische Dampfschleppschiff.-Gesellschaft, die Firma Franz Haniel & Cie., Ruhrort, und Math. Stinnes in Mülheim. Die Schlepper hatten durchweg Kofferkessel für 2 at Höchstdruck und zweiarmige Seitenhebelmaschinen mit untenliegenden Balanciers; ihnen folgten die unmittelbar wirkenden schräg liegenden oder schwingenden Maschinen.

Die Maschinenleistung betrug 500 PS, womit vier hölzerne Kähne von insgesamt 600 t Ladung bei 1,25 t/h Kohlenverbrauch zu Berg gezogen wurden. Ältere Bauarten hatten sogar 2 t/h Kohlenverbrauch; man nahm daher einen Kohlennachen mit, aus dem nächtlich Kohlen auf den Schlepper übergenommen wurden. Die Maschinisten zogen währenddem die Kolben aus den Zylindern und verpackten sie mit gefetteter Hanfliderung.

Diese Niederdruckbauart wurde in den 1860er Jahren aufgegeben. In ihr wird gewissermaßen die Kinderschule gekennzeichnet, die der nach Formen ringende und ohne wissenschaftliche Grundlage in der Beherrschung der Formen unsichere Ingenieur tastend durchschreitet.

Die neuere Entwicklung.

Hiernach begann ein großer Umschwung auf wissenschaftlichem, technischem und wirtschaftlichem Gebiete. Aus dem Rheinland stieg eine großindustrielle Kultur mächtig empor, gegründet auf Kohlenförderung und Eisenerzeugung. Der Rheinstrom ward zum Verkehrsweg allerersten Ranges. Die Verbundmaschinen mit Zylinderkesseln von 5 at Druck mit allmählicher Steigerung bis 10 at wurden formsicher entworfen. Aus den Rädern mit feststehenden Holzschaufeln wurden solche mit exzentrisch gesteuerten Eisenschaufeln. Hinzu kam die Bauart des Schraubendampfers. Die Kähne nahmen immer größere Maße an.

Den hervorragendsten Anteil am Aufbau der Rheinflotte hatte die Ruhrorter Werft der Gutehoffnungshütte. Die Güte der Bauart der damals gebauten Fahrzeuge geht daraus hervor, daß der Schiffskörper des von dieser Werft 1812 gebauten Radschleppers „Die Ruhr" (jetzt „Schürmann III") heute noch, allerdings mit neuer Maschine versehen, den Rhein befährt. Auch ein Kahn von 438 t Tragfähigkeit, „Rheinpreußen" genannt und 1843, also vor 82 Jahren in Ruhrort gebaut, ist noch immer im Dienst.

Die Kahngrößen wuchsen zusehends mit der außergewöhnlichen Zunahme des Güterverkehrs. Die technischen Verbesserungen in der wirtschaftlichen Ausnutzung des Dampfes hielten gleichen Schritt. Leider konnte man nicht gleich schnell die kostspieligen Schlepper zum alten Eisen werfen. Die Folge war, daß jede Schleppereinheit in kürzester Zeit rückständig wurde, und zwar haupt-

sächlich mit Bezug auf normale Leistungsfähigkeit. Man schritt allgemein zur Überspannung, fuhr mit den höchstmöglichen Zylinderfüllungen und glich die Unwirtschaftlichkeit zum Teil dadurch aus, daß man die täglichen Fahrzeiten über die mondhellen Nächte ausdehnte, um gleichzeitig das Kohlen kostende nächtliche Unterdampfliegen abzukürzen. Durch Umschlag großer Massengüter, unter angestrengtester Ausdehnung der Fahrzeit, hat die Rheinschiffahrt stets einen schweren Daseinskampf geführt, aber auch der Allgemeinheit die größten Dienste geleistet.

Abb. 1. Tauerschlepper, im Volksmunde „Hexe" genannt.

Die zwischen den 70er und 90er Jahren ausgeführten Schiffe sind in der Bauart noch heute vorbildlich. Mit der allgemeinen Einführung der Verbundmaschine nach 1870 verbesserte sich die Kohlenausnutzung ganz bedeutend, solange man die hohe Expansionsstufe des Dampfes beibehielt. Einzelne dieser Maschinen haben ihre Zeit überdauert und wurden nach Einführung des Heißdampfes durch Schmidt, Cassel, durch Umbau plötzlich wieder wettbewerbsfähig.

Die 40 Jahre alten, von der Gutehoffnungshütte gebauten Zweizlindermaschinen der Radschlepper „Haniel I" und „IV" und die des Doppelschraubenschleppers „Haniel III" von 1000 PS_i Leistung gehören zu den wirtschaftlichsten Anlagen der Neuzeit, nachdem nur die Hochdruckzylinder ersetzt und Kessel mit hoher Überhitzung eingebaut worden sind.

Abb. 6 bis 8. Achterschiffslinien. M. 1 : 125. Konstruktions-Wasserlinie 1,30 m, Scheitelpunkt des Tunnels 1,70 m, Schrauben-Dmr. 1,85 m, Wellenhöhe 750 mm.

Vielgestaltig, entsprechend der Eigenart eines Binnenwassers entwickelten sich die Fahrzeuge hinsichtlich des Antriebs. Seitenräder, Heckräder, Schraubenschlepper, Triebturbinen, Tunnelbauarten usw. entstanden in rascher Folge.

Im Jahre 1871 wurde die „Central-Aktien-

a Schiffsführer
b Schlafraum
c Küche
d Klosett
e 1. Maschinist und Lotse
f 2. Maschinist u. Steuermann
g Matrosen
h Heizer
i Wassertank
k Bunker.

Abb. 2 bis 5. Schleppdampfer „Fendel XVII" der Rheinschiffahrt A.-G. vorm. Fendel M. rd. 1 : 300.

Länge über alles	42,25 m	Seitenhöhe bis Deck im Hauptspant	3,10 m
Länge zwischen Vor- und Ruderkurven	40,00 „	„ vorne und hinten	2,50 „
Breite über Spanten	7,25 „	Tiefgang	1,30 „

Abb. 9 und 10. Rheinschiffsschleppkahn von Chr. Ruthof, Mainz-Kastel/Regensburg.
a Wohnzimmer b Schlafzimmer c Küche d Klosett.

Abb. 12 bis 15. Doppelschrauben Güterdampfer. M. 1 : 275.

Länge zwischen den Steven . 65,06 m
Breite . . . . 8,30 „
Höhe . . . . 2,80 „
Tragfähigkeit . . . . . . 700 t

Abb. 11. Güterdampfer „Badenia", 400 PS, erbaut 1914, zwei Schrauben.

Abb. 17. Radschlepper „Mervede" der Vereinigten Spediteure in Mannheim, erbaut von der Schiffswerft Übigau; Länge 75 m, Breite 8,9 m, über Radkasten 21 m.

gesellschaft für Tauerei und Schleppschiffahrt" in Ruhrort gegründet, die es sich zur Aufgabe gemacht hatte, Tauerschlepper, „Hexen" im Volksmund genannt, bauen zu lassen. Diese Fahrzeuge hatten Seilräder, Abb. 1; in diese wurde ein Drahtseil von 43 mm Dmr. eingeführt, das im Rhein lag und von Bingen bis Emmerich reichte. Die Hexen zogen sich mit ihren Anhängern an diesem „Tau" zu Berg und schalteten es auf der Talfahrt aus, um mit Schrauben, die von gesonderten Maschinen angetrieben wurden, nach Ruhrort zurückzufahren. Die Unwirtschaftlichkeit des Betriebes lag in dem kostspieligen Seil, das zu schnell verschlissen war, so daß die Hexen ein unrühmliches Ende fanden.

Die Neuzeit wurde durch den Bau der Dreizylindermaschine eingeleitet. Rühmlichen Anteil daran hatte die Schiffswerft Gebrüder Sachsenberg in Roßlau a. d. Elbe und Köln-Deutz am Rhein. Sie lieferte unzählige vorbildliche Radschiffe sowohl als Fahrgastdampfer als auch als Schlepper und entwickelte eine glückliche Lösung durch Wahl der Joy-Steuerung mit drei unmittelbar nebeneinander liegenden, also wenig Breite einnehmenden Zylindern und einer seitlich liegenden Luftpumpe, die der Gewichtersparnis wegen mit Einspritzkondensation verbunden war. Die Schiffe hatten bis 1200 PS_i Leistung und zogen 4500 t Ladung mit 5 km/h Ufergeschwindigkeit zu Berg.

Verschiedene Werften suchten sich Sondergebiete aus, wie es überhaupt immer eine Eigenart der deutschen Schiffbautechnik gewesen ist, sich nicht in Massenerzeugung allgemeiner Typen hervorzutun, sondern durch geistvolle Vertiefung in Sonderbauarten Ausgezeichnetes zu leisten.

Die Mannheimer Schiffs- und Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft baute 1885 ihren ersten Heckraddampfer und befaßte sich späterhin mit der Lösung der Frage flachgehender Tunnelschraubenschlepper. Es entstanden die für den Oberrhein bestimmten Doppelschraubenschlepper „Gebr. Page X", „Fendel XVII", „C. G. Maier" und andere, die bei 850 PS_i Leistung und nur 1,30 m Tiefgang am günstigsten schleppen, Abb. 2 bis 8. Sie sollten in Wettbewerb mit den teueren Raddampfern treten und haben bewiesen, daß der Erfolg möglich ist, sobald man den Konstruktionstiefgang beibehält, also nicht durch Mitnahme vieler Kohlen für lange Reisen zu tief trimmt und damit die Absicht des Erbauers durchkreuzt.

Die am Mittelrhein gelegene Schiffswerft Christof Ruthof betreibt trotz schwerem holländischen Wettbewerb mit Erfolg den Kahn- und Güterbootbau. Abb. 9 und 10 zeigen einen für Kohlenladung bestimmten Rheinkahn von 2200 t Tragfähigkeit bei 2,70 Tiefgang. Er ist 95 m lang, 11,75 m breit, in 10 Laderäume eingeteilt und mit einem abnehmbaren hölzernen Lukendach versehen. Der Kahn hat wie gewöhnlich Querspanten erhalten. Man hat auf dem Rhein Kähne bis 2600 t Tragkraft, da sie aber für den Oberrhein unwirtschaftlich sind, kommen sie nur vereinzelt vor. Zum Heben des Ankers dient meistens ein 8 PS-Benzinmotor. Der Decksprung vorn und hinten schafft wohnliche Räume, erhöht das gefällige Aussehen und schützt das Vorderschiff vor Überfluten.

Den Eilverkehr auf dem Rhein besorgen Güterboote mit Selbstantrieb, ausgerüstet mit Heißdampf-Zweizylindermaschinen, Abb. 11, Bauart Berninghaus, oder Naßdampf-Dreizylindermaschinen, Abb. 12 bis 15, Bauart Ruthof. Das brauchbarste Schiff trägt 700 t und entwickelt mit 450 PS 10 bis 12 km/h Berggeschwindigkeit.

Der Versailler Vertrag stellte die Rheinschiffahrtsunternehmen vor eine schwere Belastungsprobe. Die wertvollsten Schiffe mußten abgegeben werden, die übrigen waren im Krieg und in der Nachkriegszeit stark heruntergewirtschaftet worden. Ein rascher und zielbewußter Aufbau tat not. Es galt nicht allein, altes zu ersetzen, sondern auch mit den neuen ausländischen Schiffsbetrieben in erfolgreichen Wettbewerb zu treten. Hier setzt die neueste Zeit mit ganz bemerkenswerten Neubauten ein. Die von der Schiffswerft Berninghaus, Duisburg, gebauten Radschlepper mit Kolbenmaschinen von 1400 PS_i „Oskar Waldhausen", „H. Paul Disch 8", „Panther" usw., Abb. 16, sind Beweise vollendeter Schiff- und Maschinenbaukunst. Eine Kesselanlage von 500 m² Heizfläche, 16 at Druck und bis 350° Überhitzung liefert ihren Dampf an Dreizylindermaschinen mit getrennten Ein- und Auslaßschiebern. Die Isolierung der Anlage ist so vollkommen wie nur irgend möglich durchgeführt worden. Die Diagramme zeigen klassische Völligkeit. Der Kohlenverbrauch sinkt auf 0,58 kg/PS_ih einschließlich des Ver-

Abb. 16. Schlepper der Reederei Schürmann, gebaut 1925; 75 m Länge, 9 m Breite, 3,3 m Seitenhöhe, 1,25 m Tiefgang, 1400 bis 1500 PS_i.

Abb. 18. Fahrgastdampfer „Kaiser Wilhelm II. der Preußisch-Rheinischen Dampfschiffahrts-Gesellschaft; 82 m lang, 8,5 m über den Spanten, 16 m über den Radkasten breit.

Abb. 19. Fahrgast-Schnelldampfer „Bismark“ für 2500 Personen.

Abb. 24. Dieselmotorschlepper „Haniel XXVIII“.

brauchs beim Feuerreinigen. Der Wirkungsgrad der Räder steigt auf 50 vH. Wasserfilter, mit Zwischendampf geheizte Vorwärmer, Kohlensäureanzeiger, elektrisches Licht vervollkommnen die Anlage. Erwähnenswert ist ferner ein von der Schiffswerft Übigau gebauter Dampfer „Merwede“ für die Vereinigten Spediteure in Mannheim, dessen Dreizylindermaschine von 1400 PS_i Leistung mit Ventilsteuerung nach Lentz versehen ist, Abb. 17. Der Schlepper ist über die Radkasten 21 m breit, aber in der Höhe so niedrig gehalten, daß er alle Oberrheinbrücken durchfahren und bis Basel gelangen kann.

Ventilsteuerung am Hochdruckzylinder in Verbindung mit hochüberhitztem Dampf trifft man auch auf einzelnen Personendampfern der Köln-Düsseldorfer Dampfschiffahrtgesellschaft an, bei denen die Verbundmaschine überwiegt, weil sie in der Leistung steigerungsfähiger als die Dreizylindermaschine ist. Dementsprechend werden auch schnell dampfentwickelnde Wasserrohrkessel, die in der Schleppschiffahrt keinen Eingang gefunden haben, bevorzugt. Die Ver. Köln. u. Düsseldorfer Dampf.-Sch.-Ges. wurde 1853 aus der Preußisch-Rheinischen Dampfschiffahrts-Gesellschaft und der

Abb. 20 und **21.** Schrauben-Schleppdampfer von 2 × 700 PS_i, gebaut von Berninghaus.

Länge 47 m, Breite 8,7 m, Höhe bis Oberkante Bergholz 3,05 m, Höhe bis Seite Deck 3,65 m, Tiefgang 12,30 m.

a Kapitän-Wohnzimmer
b „ Schlafzimmer
c Schlafzimmer
d Küche
e Vorratsraum
f Klosett
g Steuerleute
h Maschinist
i Baderaum
k Heizer
l Matrosen
m Küche
n Raum für Lüfter
o Inventarraum
p Klosett.

Abb. 22. Tankkahn „Naphthaport“ von 1622 t Tragfähigkeit, 89 m Länge, 11 m Breite, 2,53 m Tiefgang.

Abb. 23. Fahrgastdampfer „Marienburg“, gebaut 1911; 165 PS, 52 m lang, 5 m breit, 0,45 m Tiefgang.

Abb. 25 bis 28. Doppelschrauben-Eilgüterboot „Jupiter“ mit Dieselmotorenantrieb.

a Wohnräume *b* Laderaum *c* Motorenraum *d* Werkstatt *e* Akkumulatoren *f* Oeltank *g* Laderäume *h* Kapitänswohnung *i* Trimmtank *k* Kettenkasten

„Dampfschiffahrts-Gesellschaft für den Nieder- und Mittelrhein“ gebildet und besitzt 28 Fahrgastdampfer. Die größten Boote, „Blücher“ und „Kaiser Wilhelm II“, haben zwei und drei Promenadendecks, fassen 3000 Fahrgäste, sind 82 m lang, 8,5 m über den Spanten, 16 m über den Radkästen breit und gehen 1,18 bis 1,50 m tief. Die zweizylindrigen, schrägliegenden Maschinen mit Lentz-Ventilsteuerung, leisten 1250 PS_i und erhalten ihren Dampf aus vier Wasserrohrkesseln, Bauart Dürr, mit 500 m² Gesamtheizfläche und Schmidtschen Überhitzern, Abb. 18. Für den Schnellfahrtdienst, d. h. 16 km/h Geschwindigkeit zu Berg, sind außerdem noch die Boote „Barbarossa“ und „Bismarck“ eingestellt, die je 2500 Personen fassen, Abb. 19.

Bemerkenswerte Ausmaße haben die Schlepper mit Braunkohlenfeuerung der Vereinigungsgesellschaft Rheinischer Braunkohlenbergwerke m. b. H. in Köln-Wesseling. Der neueste von Gebr. Sachsenberg gebaute Raddampfer hat 80 m Länge, 10,6 m Breite auf Spanten und 22,6 m über Radkasten; mit normal 1700 PS_i Leistung zieht er 6500 t in sechs Kähnen zu Berg. Die vier Kessel haben 700 m² Heizfläche, 16¼ at Druck und sind mit Überhitzern von 360 m² Heizfläche, Bauart Schmidt, ausgerüstet.

Die stärksten Doppelschraubenschlepper entwickeln bis 1600 PS_i. Die Auswirkung so großer Kräfte auf die Schrauben bereitet nicht geringe Schwierigkeiten, da die hohe Flächenbelastung großen Slip zur Folge hat. Man sucht sich durch Anordnung zweier hintereinander auf einer Welle aufgesetzter Schiffschrauben von verschieden großem Durchmesser zu helfen, wie Abb. 20 und 21 zeigen.

Abb. 22 zeigt einen von der Werft Berninghaus gebauten Petroleumkahn mit festem Deck und Zollverschluß, Abb. 23 einen von derselben Werft gelieferten, gleichzeitig für die Mosel geeigneten, daher sehr flachgehenden Fahrgastdampfer.

Der von der Mannheimer Schiffs- und Maschinenbau A.-G. gebaute, mit Brown, Boveri-Turbinen ausgerüstete Schlepper „Dordrecht“[1]) hat seinen vorzüglichen Erfolg der Wahl eines sehr großen Turbinensatzes zuzuschreiben. Die Turbine leistet 1850 Wellen-PS. Sein Wettbewerber ist der Dieselmotorschlepper „Franz Haniel XXVIII“[2]), Abb. 24, der mit 1 t Treiböl 72 000 tkm gegenüber 12 500 tkm mit 1 t Kohle bei Kolbenmaschinenschleppern leistet. Die Bauwerft der Gutehoffnungshütte in Walsum am Niederrhein rüstete ihn mit zwei sechszylindrigen Viertaktmotoren von 1600 PS_e Leistung der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg aus. Alle Hilfsmaschinen werden elektrisch betrieben. Er ist 54 m lang, 8,6 m breit und faßt 300 t Treiböl, womit er sechs Monate fahren kann. Die Walsumer Werft hat sich die Einführung von Dieselmotoranlagen besonders angelegen sein lassen. Sie lieferte im Jahre 1925 sechs Eilgüterboote für den Rhein mit kompressorlosen MAN-Motoren ab, Abb. 25 bis 28. Die Tragfähigkeit beträgt 700 t. Erwähnenswert ist die Ausrüstung dieser Boote mit Flettnerrudern[3]). In der Rheinschiffahrt sind bis Anfang 1925 bereits 60 Fahrzeuge mit Flettnerrudern ausgestattet worden.

Die Beschreibungen beachtenswerter und wirtschaftlicher Anlagen sind in diesen kurzen Umrissen noch längst nicht erschöpft. Eine bedeutende Rheinreederei macht zur Zeit Versuche mit der Kohlenstaubfeuerung, womit beachtenswerte Ergebnisse erzielt wurden. An anderer Stelle wird durch Turbinenräder im Rauchbusen hocherhitzte Luft unter die Roste gedrückt und abgesaugt. Mit dampfdurchblasenen Hohlrosten, Dampfentwässerern, Schlamm- und Kesselsteinabscheidern geht man unwirtschaftlichen Anlagen kräftig zu Leibe. Die Meidericher Schiffswerft baut Kähne nach der Längsspantenbauart, wodurch eine größere Steifigkeit erreicht wird. Sie ist auch von dem bisher üblichen liegenden Steuerhaspel abgegangen, das schwer zu handhaben ist, weil es eine sehr kleine Übersetzung hat, und ist zum stehenden Steuerrad mit großer Übersetzung und Kugellagern übergegangen. Zur Steuerung genügt im Gebirge dadurch die Kraft von zwei Männern, gegenüber vier Männern beim liegenden Haspel. Das Flettnerruder wird bekanntlich von einem Manne spielend bedient. [B 635]

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 341.

[2]) Z. Bd. 67 (1923) S. 320. [3]) Z. Bd. 66 (1922), S. 976.

Der Werkzeugmaschinenbau des Rheinlandes.

Von Prof. F. W. Hülle, Dortmund.

(Schluß von S. 1048.)

Hobelmaschinen.

Die älteste Metallhobelmaschine von Richard Roberts stammt aus dem Jahre 1817. Das technisch geschulte Auge erkennt an dem Bilde der Maschine[1]), welche Unsumme von Schwierigkeiten zu überwinden war, und welche geistige Arbeit und Erfahrung es erforderte, die Hobelmaschine auf die Entwicklungsstufe zu bringen, die die Maschine der rheinischen Firma Maschinenfabrik Froriep, Rheydt, Abb. 11, aufweist. Diese Hobel- und Fräsmaschine von 2500 × 2500 × 7500 mm ist aus dem Bestreben hervorgegangen, schwere Werkstücke nicht nur hobeln, sondern auch kurze Flächen anfräsen zu können und zwar, ohne daß man das Arbeitsstück umspannen muß. Die Leistung der Maschine ist beim Hobeln besonders hoch, da sie das Werkstück an vier Stellen zugleich angreift. Hierfür hat die Maschine auf dem Querträger zwei Hobelschlitten, die sich von der rechten Schaltbühne unabhängig steuern lassen. Die beiden Seitenschlitten auf den Ständern, die von den senkrechten Steuerwellen aus betrieben werden, tragen am Kopfende Schalthebel auf einem übersichtlichen Bedienungsfelde. Vom Hubmotor auf dem Querbalken aus kann man den Querträger heben und senken und auch die vier Hobelschlitten schnell verstellen. Der Hobeltisch wird beim Hobeln von einem regelbaren Umkehrmotor angetrieben, der über sauber geschnittene Rädervorgelege auf eine rechte und linke Zahnstange wirkt. Die Geschwindigkeiten von Hobelgang und Rücklauf lassen sich hierbei durch je einen Anlaßregler ändern. Eine weitere Vorrichtung schaltet die Tischgeschwindigkeit der Maschine bei unterbrochenen Arbeitsflächen in den Zwischenwegen auf die Rücklaufgeschwindigkeit um. Damit die Maschine schnell und stoßfrei umsteuert, wird vor jedem Hubwechsel der Tisch abgebremst. Dabei sind Sicherungen vorhanden, damit der Gegenstrom erst einsetzt, wenn der Tisch genügend abgebremst ist und Kurzschlüssen vorgebeugt wird. Mit Druckknöpfen kann man die Maschine augenblicklich stillsetzen und umsteuern.

Für das Fräsen kurzer Flächen an schweren Arbeitsstücken ist links auf dem Querträger ein Frässchlitten vorhanden, dessen Spindel der Stufenmotor über einen Räderkasten am Rücken des Querträgers antreibt. Von der linken Schaltbühne aus läßt sich der Frässchlitten schnell verstellen und auch der Vorschub des Frästisches regeln. Der Hobelantrieb wird vorher durch ein Schieberad ausgerückt, so daß nunmehr der Fräsmotor den Tisch mit dem Fräsvorschub treibt. Durch Druckknopfsteuerungen hat der Hobler seine Maschine in der Gewalt. Die Schmierung der Laufstellen besorgen Boschöler, so daß die Maschine sehr geringe Wartung braucht.

[1]) Z Bd. 56 (1912) Textbl. 8.

Mittlere Werkzeugmaschinen.

In der bereits erwähnten Westdeutschen Bohrmaschinen-Gemeinschaft „Webo", Erkrath i. Rhld., sind die Firmen Carl Schwemann, Erkrath, Rich. Hofheinz & Co., Haan, und Anton Röper, Dülken, zusammengeschlossen. Sie haben für ihren Arbeitsplan die Säulenbohrmaschinen in drei Gruppen eingeteilt:

1. kleine Maschinen für 10 bis 20 mm-Löcher ohne Säulenstütze,
2. mittlere Maschinen für 25 bis 40 mm-Löcher mit einer Säulenstütze,
3. schwerere Maschinen für 50 bis 75 mm-Löcher mit zwei Rückenstreben.

Als allgemeine Richtlinien haben die Firmen gewählt: reichliche Abmessungen der Querschnitte bei kleiner Ausladung und wirksame Absteifung des Säulenständers durch Rückenstreben, sowie vollendete Bauformen für die Normenteile. Den Erfolg dieser Arbeit lehrt die Webo-Säulenbohrmaschine für Löcher bis 40 mm, Abb. 12 und 13. Eins ihrer Kennzeichen ist eine Spreizringkupplung im Antrieb, die man im Betrieb auf schnellen und langsamen Gang schalten kann. Bemerkenswert ist die senkrechte Schmierung des Antriebrades der Bohrspindel, Abb. 14. Durch die Schraubennut *a* wird das Öl aus dem Topf *d* hochgeschraubt. Oben tritt es durch die Nuten *b* in den Ölfänger *c*, von dem aus es durch die senkrechten Nuten *e* in den Öltopf *d* zurückfließt. Das Öl macht also einen Kreislauf und schmiert dabei wirksam das Kegelrad in der Laufbüchse.

Abb. 11. Hobel- und Fräsmaschine der Maschinenfabrik Froriep, Rheydt.

a Hobelmotoren, *b* elektrische Ausrüstung, *c* Seitenschlitten, *d* Frässchlitten, *e* Fräsbühne, *f* Hobelbühne, *g* Fräsmotor, *h* Hubmotor, *i* Hobelschlitten.

In ähnlicher Weise wird auch ein Kreislauf des Schmieröles zwischen Bohrspindel und Zahnstangenhülse erreicht, und zwar durch eine rechtsgängige Schraubennut, die oben und unten in eine linksgängige mündet. Das Öl steigt daher stetig in der einen Nut hoch, und bewegt sich in der Gegennut nach unten, sobald die Maschine läuft. Eine eigenartige Schmierung hat auch die Losscheibe des Deckenriemens, Abb. 15. Der vorgeschraubte Deckel *d* begrenzt einen Ölbehälter. Läuft die Losscheibe, so gelangt das Öl durch Nuten *e* in die Schraubennut *f*, die es in die Ringnut *g* befördert. Von hier kommt es vermöge der Schleuderkraft durch die Nuten *h* in den Ölraum zurück, wo es durch das Armkreuz *a* auf der Welle *b* abgestreift wird und so seinen Kreislauf vollzieht, indem es die Lauffläche *i* ausgiebig schmiert.

Abb. 12 und 13. Webo-Säulenbohrmaschine. Maßstab 1 : 15.

a Losscheibe
b Festscheibe
c Tischwinde
d Klemmgriff
e Ausrücker
f drehbarer Tisch
g Ausrücker für den Selbstgang
h Handrad zum Feineinstellen
i Griff zum Aufsetzen und Hochschlagen
k Griff zum Einrücken des Vorschubes
l Selbstausrücker
m Maßstab
n Klemmgriffe
o Griff zum Einstellen des Bohrschlittens
p Ziehkeilschalter
q Steuerwellen
r Vorgelegehebel
s Rückenstrebe.

Bei der Steuerung dieser Bohrmaschine verdient der Selbstausrücker Beachtung, der hier vor dem Schneckenrade sitzt, Abb. 16 und 17. Legt man den Handgriff *d* aus der gestrichelten Lage in die ausgezogene um, so schiebt er mit seinen spitzen Zähnen die Gegenmuffe *c* nach links und rückt damit den Mitnehmer *b* in den Zahnkranz des Schneckenrades *a* ein. Damit ist der Bohrvorschub eingeschaltet, und der Handgriff *d* durch den Sperrhebel *e* verriegelt. Sobald an der Bohrgrenze der Anschlag der Bohrspindel auf den Hebelarm *f* drückt und die Sperre *e* auslöst, schiebt die gespannte Feder *g* den Mitnehmer *b* zurück, der den Vorschub augenblicklich auslöst. Der Handgriff *d* fällt dabei in die gestrichelte Stellung zurück.

Der Vorzug dieses Selbstausrückers liegt darin, daß man sofort mit dem Doppelhebel *h* hochschlagen und mit dem Handgriff *d* den Vorschub wieder einrücken kann, also nur zwei Handgriffe auszuführen braucht. Bei andern Steuerungen sind hierzu vielfach vier Handgriffe erforderlich, nämlich einer zum Entkuppeln des Schneckenrades, ein zweiter zum Hochschlagen, ein dritter zum Wiedereinkuppeln des Schneckenrades und ein vierter zum Einrücken des Selbstganges. Die Beispiele lehren, wie sich selbst Bohrmaschinen noch vervollkommnen lassen, wenn sich alle Kräfte eines Betriebes auf ihre weitere Ausbildung einstellen können.

Abb. 14. Kreislaufschmierung des Kegelrades.

a Schraubennut
b Nut
c Oelfänger
d Topf
e senkrechte Nut

Abb. 15. Kreislaufölung der Losscheibe.

a Armkreuz
b Welle
c Losscheibe des Deckenriemens
d vorgeschraubter Deckel
e Nuten
f Schraubennut
g Ringnut
h Rücklaufnuten
i Lauffläche

Einen wohlverdienten Ruf genießen die Maschinen der Firma A. H. Schütte, Köln-Deutz, die ebenfalls Reihenfertigung eingeführt hat. Ihre Rundschleifmaschine, Abb. 18 und 19, ist wohl die einzige, die in Deutschland nach der Landis-Bauart ausgeführt wird. Die Schleifscheibe hat hierbei die Hauptbewegung und den hin- und hergehenden Vorschub, während das Werkstück nur den Rundvorschub ausführt. Diese Arbeitsweise verlangt eine sehr sorgfältige Führung des Schleifschlittens auf dem hinteren Längsbett. An der Schwierigkeit dieser Aufgabe sind viele ähnliche Versuche in Deutschland gescheitert.

Im Aufbau zeigt die Schütte-Schleifmaschine beachtenswerte Einzelheiten. Der Schleifschlitten, der mit seinen langen Führungen in jeder Lage die Gleitbahnen des Bettes ganz abdeckt, steht, damit er ruhig bleibt, ständig unter Federzug. Die Schleifspindel treibt man mittels einer Trommel des Deckenvorgeleges mit zwei Drehzahlen an. Die beiden Vorschubbewegungen werden von einer durch das vordere Längsbett gehenden Welle hergeleitet, die vom hinteren Fußvorgelege durch einen Riemen angetrieben wird. Auf der linken Seite der Maschine ist der Vorschubantrieb des Werkstücks untergebracht, dessen 10facher Geschwindigkeitswechsel sich noch durch Umsteckscheiben auf einen

20fachen erhöhen läßt. Auf der rechten Seite der Maschine liegt der Vorschubantrieb für den Schleifschlitten, der für einen 10fachen Vorschubwechsel eingerichtet ist. Mit dem langen Handhebel auf der linken Seite kann man zum Messen oder Umspannen das Werkstück und den Schleifschlitten, nicht aber die Schleifscheibe stillsetzen. Die Maschine bietet somit die Möglichkeit, ihre Leistung voll auszunutzen.

Der Schütte-Vierspindelautomat, Abb. 20 und 21, zählt ebenfalls zu den rühmlichst bekannten Erzeugnissen des rheinischen Werkzeugmaschinenbaues. Friedrich Naumann hat einmal in seinen Berliner Ausstellungsbriefen den Automaten einen eisernen Menschen genannt. Man muß nur beobachten, wie sicher und genau sich die einzelnen Arbeitsfolgen im Betrieb eines Automaten abspielen. Der Grundgedanke des Vierspindelautomaten ist bekanntlich, eine Hochleistungsmaschine zu schaffen, die mit jedem Arbeitsgang des Revolverkopfes ein fertiges Stück von einwandfreier Form und Genauigkeit liefert. Beim Schütte-Automaten wird diese Aufgabe in der Weise gelöst, daß im Spindelstock eine Trommel mit vier Drehspindeln I bis IV gelagert ist. Nach jedem Arbeitsgang wird die Trommel von der Steuerscheibe *a* entriegelt und um eine Teilung weiter geschaltet.

Der Antrieb geht von der Einscheibe *d* aus. Die Trommel *c* löst an der Spindel I das Spannschloß, schiebt mit dem Vorschubhebel die Stange in I gegen einen Anschlag vor und schließt hierauf das Spannschloß wieder. Zum Bearbeiten der vier Rundstangen hat der Werkzeugschlitten vier Löcher zum Einspannen von vier Werkzeugen oder Werkzeuggruppen für das Bohren, Aufreiben, Gewindeschneiden usw. Dieser Werkzeugschlitten wird von der Trommel *b* gesteuert. Zum Formdrehen und Abstechen hat der Automat oben und unten je zwei Seitenschlitten, so daß er zugleich mit 8 Werkzeugen oder Werkzeuggruppen ansetzen kann.

Der hintere Oberschlitten wird von *c*, der vordere von der Steuerscheibe *d* aus gesteuert. Der vordere Unterschlitten erhält von *e* seine Querbewegung und der hintere von der Trommel *b*. Die Geschwindigkeiten der vier Spindeln lassen sich durch Wechselräder im Antriebkasten und die Vorschübe durch das Nortongetriebe verändern. Damit die Leerlaufzeiten abgekürzt werden, schaltet eine nicht sichtbare Steuerscheibe den Schnellgang der Hauptsteuerwelle ein, sobald die Werkzeuge ihre Arbeit beendet haben. So nutzt der Schütte-Vierspindelautomat jede Möglichkeit aus, hohe Arbeitsleistung zu erzielen.

Wenn man die Berichte der von ihren Studienreisen heimgekehrten deutschen Ingenieure verfolgt, so lehren sie uns, daß in der amerikanischen Metallbearbeitung Revolverbänke und Automaten vorherrschen. In der Tat sind sie die Metallbearbeitungsmaschinen der Zukunft, und sie müssen es um so mehr werden, je mehr die deutsche Industrie ihre einstige Stellung auf dem Weltmarkt zurückerobern will.

Abb. 16 und **17.** Selbstausrücker der Steuerung.

a Schneckenrand, *b* Mitnehmer, *c* Gegenmuffe, *d* Handgriff, *e* Sperrhebel, *f* Ausrücker, *g* Feder, *h* Doppelhebel.

Abb. 18 und **19.** Rundschleifmaschine von A. H. Schütte, Köln-Deutz.

Abb. 20 und 21. Schütte-Vierspindelautomat.

I bis IV Drehspindeln
a Steuerscheibe
b Revolvertrommel
c Spann- und Vorschubtrommel
d Steuerscheibe
e „
f Hauptsteuerwelle
g Maschinenbett
h Spanngabel
i Vorschubhebel
k Stangenhalter
l Spindelstock
m Oberschlitten, m_1 vorderer, m_2 hinterer
n Werkzeugblock
o Unterschlitten, o_1 vorderer o_2 hinterer
p Werkzeugschlitten
q Antriebräderkasten
r Wechselräderkasten
s Nortouräderkasten
t Verriegelung der Trommel.

Der Erfolg der Spezialisierung und Typisierung zeigt sich auch bei den Hobelmaschinen des Brunewerkes in Köln-Ehrenfeld, das der Firma Ernst Krause & Co., A.-G., Berlin und Wien, gehört. Es gab mal eine Zeit, wo Ingenieure weissagten, die Hobelmaschine würde aus den Betrieben verschwinden. Das war, als die Fräsmaschine in den Wettbewerb trat. Heute wissen wir, daß zwar der Arbeitsbereich der Hobelmaschine eingeschränkt und unter dem Einfluß der Fräsmaschine auch eine neue Arbeitsteilung eingeführt worden ist. Wir werden aber die Hobelmaschine in der Metallbearbeitung nie entbehren können. Der Wettkampf mit der Fräsmaschine hat im Gegenteil den Hobelmaschinenbau aufgerüttelt. Unter Anspannung aller Kräfte ist es ihm gelungen, Maschinen von höchster Leistung bei geringstem Arbeitsaufwand und von höchster Arbeitsgenauigkeit auf den Markt zu bringen.

An diesem Erfolg hat auch das Rheinland seinen Anteil. Hohe Leistung und Arbeitsgenauigkeit setzen eine widerstandsfähige Maschine voraus, die vollkommen frei von Erschütterung arbeitet. Dieser Leitgedanke ist in der Brune-Hobelmaschine, Abb. 22 und 23, vortrefflich verkörpert. Sie hat ein vollständig geschlossenes Kastenbett, das noch durch Hohlstege versteift und dort offen ist, wo das große Zahnstangentriebrad durchtritt. Das ganze Triebwerk liegt daher vollkommen geschützt und ist durch einen Deckel zugänglich gemacht. Damit der Gang des Tisches ruhig bleibt, sind die Vorgelegeräder schräg geschnitten. Nur das letzte Räderpaar hat gerade Zähne, damit kein einseitiger Druck auf die Zahnstange des Tisches wirkt.

Alle Wellen sind fein geschliffen, die Lager sauber aufgerieben und geschabt, damit im Antrieb ein guter Wirkungsgrad erzielt wird. Der stark verrippte Kastentisch hat Dachführungen mit Gegenleisten, die das Entgleisen verhindern. Der mittlere Teil des Kastenbettes ist ein Ölkasten, aus dem eine Pumpe alle ständig laufenden Wellen, Räder und Gleitflächen mit Öl speist. Zum bequemen Ausrichten ruht das Bett mit Stellschrauben und Druckplatten auf dem Fundament.

Besondere Sorgfalt ist auf eine einfache und handliche Bedienung gelegt. Den Querträger kann man mit langen Leisten auf beiden Ständern festklemmen, wozu eine Handkurbel auf der Querwelle *a* dient. Der Aufzug des Querträgers wird durch die Schaltdose betätigt und mit einem Knebel eingeschaltet, der zugleich die Bewegungsrichtung anzeigt. Größe und Richtung der Hobel-

a Querwelle
b Schaltdose
c Rücklaufscheibe
d Hobelscheibe
e Räderkasten
f linke Steuerwelle
g Fußhebel
h Kurbel für den Geschwindigkeitswechsel
i rechte Steuerwelle
k Oelschale.

Abb. 22 und 23. Tischhobelmaschine der Ernst Krause & Co. A.-G., Werkzeug-Masch.-Fabrik „Brunewerk“. 1500 mm Hobelbreite, 1250 mm Hobelhöhe.

vorschübe lassen sich mit Handgriffen nach Maßstäben an der rechten Schaltdose einstellen, und mit einem Fußhebel kann man die Schnellbewegungen aller Hobelschlitten einschalten. Das ganze Bedienungsfeld für den Querträger mit seinen Schlitten liegt daher auf der rechten Seite am Standort des Hoblers.

Damit man die Leistung der Maschine besser ausnutzen kann, sind auf den beiden Ständern Seitenhobelschlitten vorhanden, deren Steuerung unabhängig ist und die am Kopfende ihre Schaltdose tragen. Der Hobler braucht daher nur seinen Stand zu verlassen, wenn er den linken Hobelschlitten einschalten will. Der Antrieb des Hobeltisches geht vom Motor auf dem Querbalken aus, der einen Räderkasten mit Hobelgeschwindigkeiten von 8,7, 11,4 und 12 m/min und einer Rücklaufgeschwindigkeit von 24 m/min treibt. Die Maschine kann daher verschiedenartige Werkstoffe mit der wirtschaftlichsten Schnittgeschwindigkeit hobeln. Dabei bestehen die Antriebscheiben aus gepreßtem Leichtmetall, was die Umsteuerzeiten vermindert und größere Hubzahlen zuläßt. Auch die mittelgroßen Hobelmaschinen werden heute weitestgehend elektrisch ausgerüstet, d. h. mit regelbarem Umkehrmotor, dynamischer Abbremsung des Tisches kurz vor jedem Richtungswechsel, zwangläufigen Verriegelungen gegen zu frühzeitiges Einsetzen des Gegenstromes beim Umsteuern und gegen Kurzschluß, sowie Druckknöpfen zum augenblicklichen Stillsetzen und Umsteuern versehen, so daß die Maschine den höchsten Ansprüchen an Leistung und Genauigkeit der Arbeit genügt und der Hobler sie stets in seiner Hand hat.

Die Wissenschaft lehrt, daß Kultur bedeutet, sinnvolle Formen schaffen, die sich vom Geist des Erfinders loslösen, feste Gestalt annehmen und so der Menschheit dienstbar werden. Von diesem Gesichtspunkte betrachtet, hat der rheinische Werkzeugmaschinenbau bereits große Kulturaufgaben gelöst. Er wird auch fernerhin mit allen Kräften sein großes Ziel verfolgen, den Menschen zum Beherrscher des Stoffes zu erheben. [B 630]

Drehkran mit Verbrennungsmotorantrieb.

Der Dampfkran, einer der ältesten Vertreter des Kranbaus, hat bisher im Förderwesen ein weites Feld der Betätigung behauptet, da er sich durch einige nicht unwesentliche Vorzüge vor seinem Mitbewerber mit elektrischem Antrieb auszeichnet; seine größte Überlegenheit gegenüber dem Elektrokran beruht in seiner eigenen Kraftanlage, die ihm eine große Beweglichkeit und Unabhängigkeit ermöglicht und ihn dadurch instand setzt, neben seiner eigentlichen Bestimmung als Hebezeug auch noch den Verschiebedienst in viel weiterem Maße zu übernehmen, als dies dem an das Kraftzuführungsnetz gebundenen Elektrokran möglich ist. Er wird überall da benutzt, wo elektrischer Strom nicht erreichbar oder das Legen von Zuleitungen aus Betriebsgründen nicht zulässig ist, also vor allem beim Bau von Häfen, Wasserstraßen und Eisenbahnlinien, von Eisenbauten und auf Schiffswerften, sowie zum Verladen von Gütern auf Bahnhöfen, Lagerplätzen usw. Daneben weist der Dampfkran aber auch einige ungünstige Eigenschaften auf: Die Betriebsbereitschaft wird wesentlich beeinträchtigt durch die beim Anheizen und Instandhalten des Kessels entstehenden Zeitverluste, während anderseits die lästige, zum Teil auch gefährliche Rauchentwicklung und Funkenbildung den Dampfkran von manchen Betrieben ganz fern hält. Man hat daher schon seit längerer Zeit versucht, durch Ausrüsten von Hebezeugen mit Verbrennungskraftmaschinen Anlagen zu schaffen, die, ohne auf die Vorzüge des Dampfkrans zu verzichten, doch seine Nachteile vermeiden. Angestellte Versuche zeigen indessen, daß die sonst übliche Ausführung der Motoren, wie sie besonders im Automobilbau benutzt wird, den Anforderungen, die der stoßweise arbeitende rauhe Betrieb an die Maschinen stellt, in keiner Weise gewachsen war. Außerdem mußte man zur Arbeitsübertragung auf das Krangetriebe eine neuartige Reihe zuverlässiger Umschaltkuppelungen entwerfen, um hierdurch den Antrieb möglichst weich und dem elektrischen oder Dampfbetrieb vollkommen gleichwertig zu gestalten.

Ein Drehkran mit Antrieb durch einen Verbrennungsmotor, der sich bereits im Betriebe bewährt hat, ist von der Demag, Duisburg, erbaut worden. Dieser eignet sich demnach überall da, wo die Rauchentwicklung und unter Umständen eintretende Funkenbildung des Dampfkrans lästig oder gefährlich erscheint, und Kohle nicht ohne Schwierigkeiten beschafft werden kann, oder wo elektrischer Strom nicht zur Verfügung steht oder die Anbringung von Stromzuführungsleitungen aus betriebstechnischen Gründen sich als unzweckmäßig erweist. Seine Hauptvorzüge im Vergleich mit dem Dampfkran bestehen in seiner dauernden Betriebsbereitschaft, der großen Sauberkeit und der besseren Ausnutzung der Brennstoffe.

In der Gesamtanordnung und der äußeren Form ist die altbewährte Bauart des Normaldrehkrans nach Möglichkeit beibehalten. Der zweiachsige Unterwagen trägt eine schwere kreisrunde Schiene, auf der sich der Oberwagen mittels Stahlrollen dreht, und einen Triebstockkranz für das Drehwerk. Der drehbare Teil, bestehend aus dem Oberwagen mit Windwerk und Ausleger, ist durch einen Königszapfen zentriert, der im Unterwagen eingesetzt ist. Auf der Plattform des Oberwagens sind der Motor und das Windwerk aufgestellt, Abb. 1.

Als Antrieb des neuen Rangierdrehkrans dient ein Benzolmotor von 36 bis 40 PS Leistung bei 900 bis 1000 Uml./min, der nach dem Viertaktverfahren arbeitet. Die vier Zylinder sind aus Gußeisen in einem Block zusammengegossen. Das Kurbelgehäuse ist zweiteilig aus Aluminium hergestellt und in drei Punkten gelagert. Die Kurbelwelle hängt im Gehäuseoberteil, während der abnehmbare Unterteil lediglich als Ölbehälter dient. Kurbelwellenlager und Pleuelstangenköpfe sind als Rollenlager ausgebildet. Die Ventile hängen leicht zugänglich in dem abnehmbaren Zylinderkopf. Die Ventilhebel sind durch eine Schutzkappe gesichert. Den Zündstrom liefert ein umlaufender Hochspannungsmagnet, der Zündpunkt ist durch Handhebel verstellbar. Zur Schmierung dient eine mittels Exzenter von der Steuerwelle aus angetriebene Ölpumpe. Der Motor ist mit Schwungrad versehen; ein Regler sorgt für Einhalten der Drehzahl, die in den Pausen auf den dritten Teil der normalen herabgesetzt werden kann. Den Umlauf des Kühlwassers bewirkt eine Kreiselpumpe, die aus dem auf den rückwärtigen Teil des Oberwagens aufgestellten Kühlwasserbehälter saugt; das Kühlwasser tritt

RZ 382 Z3

Abb. 1. Plattform des Oberwagens mit Motor und Windwerk des Drehkrans mit Verbrennungsmotor.

unten in den Kühlmantel des Zylinderblocks ein; bestreicht Kolbenlaufbahn und Zylinderkopf und wird oben durch Ablaufstutzen dem Kühlwasserbehälter wieder zugeführt. Das Wasser wird durch Wärmeabgabe der Kühlbehälterwandung an die Außenluft und durch Verdunstung rückgekühlt.

Damit der Motor auch bei kalter Witterung rasch zum Anlaufen gebracht werden kann, kann eine elektrische Anlaßvorrichtung eingebaut werden. Der Motor arbeitet mittels Stirnradvorgelege und Zwischenradwelle auf die Hauptantriebswelle, von der sich die Bewegungen zum Drehen, Fahren und Heben abzweigen. Die Einziehtrommel wird von der Zwischenradwelle aus durch Wendegetriebe mit Kupplung und selbsthemmendes Schneckengetriebe, das unmittelbar mit der Einziehtrommel verbunden ist, angetrieben. Der Ausleger wird mit Hilfe eines Flaschenzuges eingezogen, dessen Rollen im oberen Teil des Maschinenhauses gelagert sind.

Das Drehwerkritzel kann über ein Vorgelege durch ein Wendegetriebe mit der Hauptantriebwelle gekuppelt werden; es greift in den mit dem Unterwagen verschraubten Triebstockkranz ein, dessen Bolzen bei Verschleiß leicht auswechselbar sind.

Der Fahrantrieb erfolgt durch Wendegetriebe von der Hauptwelle aus; er wird über ein Vorgelege durch den durchbohrten Königszapfen nach dem Unterwagen geleitet, von wo aus die Bewegung durch Kegelrädergetriebe auf beide Achsen übertragen wird.

Die Hubtrommel wird von der Hauptwelle mittels Stirnradvorgelege angetrieben, das Einschalten des Ritzels für das Lastheben erfolgt mittels Federbandkupplung. Die Trommel trägt zur Schonung des Seils Rillen nach einer Schraubenlinie, die beim Aufwickeln als Führung dienen. Für das Lastsenken dient nach Entkupplung des Ritzels auf der Hauptwelle eine Bandbremse auf der Trommelwelle, die durch einen Handhebel gelüftet wird; durch die Bandbremse wird auch die Last in jeder Höhe festgehalten.

Für Greiferbetrieb wird die Entleerungstrommel durch Zahnräder auf dieser und der Hubtrommel, in die ein ausrückbares Zwischenrad eingreift, mitgenommen; wird die Entleerungstrommel durch die Entleerungsbremse festgehalten, während die Hubtrommel weiterarbeitet, so wird, je nach Richtung der Bewegung, der Greifer entweder geöffnet oder geschlossen. Zwischen Zahnradgetriebe und Hubtrommel ist eine Klinkenkupplung eingebaut, die bei der Senkbewegung die Reibkupplung an der Entleerungstrommel ausschaltet, so daß der Greifer nur die Entleerungs- und die Seiltrommel zu drehen hat. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, den geöffneten Greifer durch die Entleerungsbremse zu senken, ohne den Greiferquerträger zu beschweren.

Eine wesentliche Vereinfachung für den Betrieb mit Lastmagnet ist dadurch erreicht, daß der notwendige Gleichstrom von 220 V durch eine eingebaute und von dem Verbrennungsmotor angetriebene Dynamomaschine selbst erzeugt wird; hiermit ist allerdings eine geringe Verminderung der Arbeitsgeschwindigkeiten verbunden.

Der Kran wird nur mit Hilfe von 5 Handhebeln, je einem für Senken und Festhalten der Last, Heben, Fahren, Drehen und Einziehen gesteuert. Die Entleerungsbremse wird durch einen Fußhebel betätigt; bei Kranen, die nur für Stückgutförderung bestimmt sind, fällt der Fußhebel weg. Die Tragkraft des normalen Motorkrans beträgt 6000 kg. Die bei der Veränderung der Ausladung zulässigen Tragkräfte und Rollenhöhen gehen aus Zahlentafel 1 hervor.

Zahlentafel 1.

Tragkraft	kg	6000	5000	3000	2500	2000
Ausladung	m	4,75	5,4	7,0	8,0	9,0
Rollenhöhe	„	9,1	8,8	7,8	6,9	5,0

Die Arbeitsgeschwindigkeiten sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt:

Zahlentafel 2.

Bewegung	Arbeitsgeschwindigkeiten bei Stückgut u. Greiferbetrieb	Arbeitsgeschwindigkeiten bei Magnetbetrieb
Heben	3000 kg bis 28 m/min 6000 „ „ 14 „	3000 kg bis 20 m/min 6000 „ „ 10 „
Drehen	2 Uml./min	1,5 Uml./min
Fahren	56 m/min	40 m/min
Einziehen	in rd. 1,4 min	in rd. 2 min

Der Rangierdrehkran mit Verbrennungsmotor kann vermöge seiner eignen Kraftanlage auch noch den Verschiebedienst der beladenen und entladenen Eisenbahnwagen übernehmen, wobei die Zugkraft ausreicht, um auf ebenem Gleis entweder zwei beladene 20 t-Wagen oder drei beladene 15 t-Wagen oder vier beladene 10 t-Wagen oder 5 bis 6 leere Wagen zu ziehen. Die Abmessungen des Krans sind so gewählt, daß er bei gesenktem und in Fahrrichtung stehendem Ausleger vollständig innerhalb des normalen Eisenbahnprofils bleibt, so daß er durch Brücken, Überführungen usw. fahren kann. Zum Einstellen in Eisenbahnzüge kann der Kran mit Federn nach Art von Eisenbahnfahrzeugen und mit durchgehender Bremsluftleitung versehen werden.

Der Kran eignet sich in normaler Ausführung sowohl für die Förderung von Stückgut am Lasthaken, Abb. 1, als auch von Massengütern durch Magnet oder Greifer, bei einer Hubhöhe von 12 m. Beim Betrieb mit Klappkübeln kann fast die volle Tragfähigkeit von 6000 kg ausgenutzt werden. Bei Selbstgreiferbetrieb beträgt die größte Tragfähigkeit 3000 kg bei einer größten Ausladung von 7 m.

Um den Motorkran auch den verschiedensten Betrieben, zu denen er in seiner normalen Ausführung ungeeignet ist, anzupassen und dadurch sein Anwendungsgebiet bedeutend zu erweitern, hat man ihn auch wie den normalen Dampfdrehkran[1]), ohne Änderung des Triebwerkes, mit Sonderauslegern versehen, beispielsweise mit verlängertem Ausleger für große Hubhöhe, mit geknicktem Ausleger von normaler Höhe und auf Werften zum Schiffbau, bei Hochbauten und zum Beladen von hochbordigen Schiffen mit hohen geknickten Auslegern mit einer oder zwei Flaschen. Trotz der hierbei bedingten großen Abmessungen kann der Kran doch auch hier den nötigen Verschiebedienst mit ausführen, da er nach Senken des Auslegers stets innerhalb des zulässigen Eisenbahnprofils bleibt. [M 382]

[1]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) Nr. 41.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. A. Heller, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS

BD. 69 SONNABEND, 15. AUGUST 1925 NR. 33

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1100.

2D1-Heißdampf-Vierzylinder-Verbund-Schnellzuglokomotive der Spanischen Nordbahn.

Von Dipl.-Ing. Adolf Wolff, Oberingenieur, Hannover.

(Hierzu Tafel 7.)

Die von der Hanomag entworfene und gebaute breitspurige 2D1-Vierzylinder-Verbundlokomotive ist wegen ihrer großen Leistungsfähigkeit bei verhältnismäßig geringem Eigengewicht bemerkenswert. Berechnung der Hauptabmessungen der Lokomotive und Vergleiche mit der 1D1-Lokomotive, Gattung P 10 (P 46, 19), der Deutschen Reichsbahn in bezug auf Leistung und Schleppvermögen, ferner mit zwei neuen französischen Lokomotiven gleicher Achsanordnung, denen sie in der spezifischen Leistung überlegen ist

Von den Eisenbahnen Spaniens nimmt das Bahnnetz der Spanischen Nordbahn (Compañia de los Caminos de Hierro del Norte de España) an Betriebslänge und Anzahl der vorhandenen Fahrzeuge die erste Stelle ein.

Infolge des gebirgigen und zerklüfteten Bodens des Landes hatte der Bahnbau große Schwierigkeiten zu überwinden.

Die für die Spanische Nordbahn wichtigste Strecke von Irun über St. Sebastian—Burgos—Valladolid nach Madrid führt bei La Cañada in 1358 m Höhe über die Sierra Guadarrama. Dieser Paß ist nächst dem Brenner (1370 m) der höchste, der in Europa von einer vollspurigen Eisenbahn überschritten wird. Es ist erklärlich, daß zur Überwindung derartiger Gebirge, die beispielsweise auf der Strecke Irun-Madrid von Seehöhe aus erklommen werden müssen, lange Steigungen von 10 bis 18 vT nichts Ungewöhnliches sind. Wenngleich bei den Alpenbahnen Steigungen bis über 25 vT vorkommen, so sind diese doch nicht so lang wie bei den spanischen Strecken. In Abb. 1 ist das Streckenprofil für den Abschnitt Irun-Madrid wiedergegeben.

Die neueren Lokomotiven der Spanischen Nordbahn.

Bereits im Jahre 1909 kam man auf den schwierigsten Streckenabschnitten bei den Schnell- und Personenzügen mit dreifach gekuppelten Lokomotiven nicht mehr aus und beschaffte 1 D-Heißdampf-Zwillingslokomotiven der Reihe 400 und 4400[1]). Diese Lokomotiven belgischer Herkunft genügten zunächst den Ansprüchen, erwiesen sich aber bald infolge des Zwillingstriebwerkes bei dem verhältnismäßig kleinen Treibraddurchmesser für Schnellzüge als zu schwerfällig, und so wurden im Jahre 1913 2 D-Heißdampf-Vierzylinder-Verbundlokomotiven der Reihe 4000[2]) von der Elsässischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft in Grafenstaden beschafft, die infolge des besseren Massenausgleiches im Gefälle schneller zu laufen vermochten. Zugleich wurde der Kessel so weit vergrößert, wie es die eingeschobene weitere Laufachse zuließ. Auch diese Lokomotiven, von denen die Spanische Nordbahn nach und nach 45 beschafft hat, konnten den starken Ansprüchen, die die Steigungen bis zu 18 vT auf den Abschnitten Madrid—Segovia und St. Sebastian—Cegama an sie stellen, nicht genügen, zumal der Achsdruck nur 15,2 t betrug. Deshalb wurden 1922 schwere dreizylindrige 2 D-Lokomotiven, Reihe 4300[3]), von der Firma Babcock & Wilcox in Bilbao beschafft, bei denen ein Achsdruck von 15,5 t zugelassen war. Diese Gewichtsvermehrung ist zur wesentlichen Vergrößerung des Kessels und des Rostes benutzt worden. Für den Güterzugdienst wurden während des Krieges 55 1 D 1-Heiß-

[1]) Vergl. „Die Lokomotive", Wien, 1912 S. 150 und Hanomag-Nachr., 1921, S. 224.

[2]) Vergl. „Die Lokomotive", Wien, 1915 S. 8.

[3]) „The Locomotive" 1922 S. 61; „The Engineer" Bd. 134 (1922) S. 34. Anmerk.: Probelokomotive, geliefert von Yorkshire Co., England.

Abb. 1. Profil der Strecke Irun-Madrid.

dampf-Zwillingslokomotiven, Reihe 4500[1]), von der American Locomotive Co. beschafft. Diese Lokomotiven und auch die zuerst erwähnten 1 D-Lokomotiven finden außer im Güterzugdienst auch im schweren Personen- und Gemischtzugdienst Verwendung. Kennzeichnend ist, daß alle soeben besprochenen Lokomotiven den gleichen Treibraddurchmesser von 1560 mm haben.

Auf dem weniger gebirgigen Abschnitt der Strecke Irun-Madrid, auf der Hochebene zwischen Medina del Campo und Miranda, verwendet die Nordbahn für den durchgehenden Schnellzugverkehr Paris-Madrid seit dem Jahre 1911 2 C 1-Heißdampf-Vierzylinder-Verbundlokomotiven, Reihe 3000[2]), die wie die Lokomotiven der Reihe 4000 erstmalig von der Elsässischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft gebaut wurden. Diese Maschinen haben Treibräder von 1750 mm Dmr. und sind imstande, auf dieser nach unseren Begriffen immer noch gebirgigen Strecke (es kommen Steigungen bis 13,5 vT vor) 300 t mit 50 km/h auf 10 vT zu befördern; beim Durchfahren flacherer Streckenabschnitte können 90 km/h und mehr erreicht werden.

In Zahlentafel 1 ist eine Übersicht der neueren Lokomotiven der Spanischen Nordbahn gegeben. Da sich der Durchgangsverkehr gerade auf dieser Strecke ständig steigerte und es nicht wirtschaftlich schien, die Zahl der Züge zu vermehren, beschäftigte sich die Nordbahn bereits im Jahre 1921 mit dem Gedanken, gerade für diese Strecke eine möglichst leistungsfähige Maschine zu beschaffen, und zwar in Bauart 2 D 1 als Weiterentwicklung der Reihe 3000.

[1]) „The Locomotive" 1922 S. 1, Handbuch von Igel S. 530.
[2]) Vergl. „Die Lokomotive", Wien, 1915, S. 7.

Erst gegen Ende des Jahres 1924 erfolgte durch die Spanische Nordbahn die öffentliche Ausschreibung. Sie war bereits so abgefaßt, daß die Bauart 2 D 1 mit Vierzylinder-Verbundtriebwerk nach de Glehn den Bewerbern vorgeschrieben wurde.

Der Bauplan stellte folgende Forderungen:

„Es ist eine Vierzylinder-Verbund-Heißdampflokomotive, Bauart Mountain, zu entwerfen und berechnen, die imstande ist, 400 t schwere Züge unter den drei folgenden Bedingungen zu befördern:

I. Auf Steigungen von 13,5 vT mit 55 km/h Geschwindigkeit
II. „ „ „ 11 vT „ 65 km/h „
III. „ „ „ 5 vT „ 90 km/h „

Die Krümmungen sind in den Steigungen bereits berücksichtigt. Zur Verbrennung kommt Mischkohle von 7500 kcal/kg mit 12 vH Aschengehalt, bestehend aus einer Mischung von Brikett und Stückkohle. Der Achsdruck darf höchstens 16 t für die gekuppelten Achsen betragen. Ferner ist das Gewicht von Lokomotive und Tender so zu bemessen, daß die Belastung auf 1 m Länge, gemessen über die Puffer, 6 t nicht überschreitet. Die Lokomotive soll einen vierachsigen Tender von 50 t Dienstgewicht, wie er bereits bei der Bahn Verwendung findet, erhalten. Im übrigen ist die Lokomotive gemäß den Vorschriften des Lastenheftes der Spanischen Nordbahn durchzubilden."

Die Hanomag reichte drei Entwürfe ein; diese unterschieden sich durch die Mittel, die zur Anwendung kamen, um das Gewicht des Kessels nach vorn zu bringen und somit eine erträgliche Lastverteilung, d. h. höchstens 16 t auf der hinteren Laufachse, zu erreichen. Die drei Lösungen sind folgende:

Zahlentafel 1. Neuere Lokomotiven der Spanischen Nordbahn.

Nr.		1	2	3	4	5	6
Beschaffungsjahr (erstes)		1909	1913	1922	1917	1911	1925
Bauart		$1\,D^2$ P u. G	$2\,D^{4v}$ P	$2\,D^3$ P	$1\,D\,1^2$ G	$2\,C\,1^{4v}$ S	$2\,D\,1^{4v}$ S
Reihe		400 u. 4400	4000	4300	4500	3000	4600
Zyl.-Dmr.	mm	610	2×400/620	3×520	584	2×370/570	2×460/700
Kolbenhub	„	650	640	660	641	640	680
Treibrad-Dmr.	„	1560	1560	1560	1560	1750	1750
Laufrad-Dmr.	„	860	860	860	860	860/1220	860/1220
Kesseldruck	at	12	16	13	12,7	16	16
Rostfläche R	m²	3,05	4,1	4,65	4,1	4,0	5,0
Heizfläche fb. Feuerbüchse	„	14,7	14,9	18,4	15,3	15,5	23,4
„ „ Rohre	„	169,8	169,8	207,0	205,4	168,1	208,0
„ „ Kessel H	„	184,5	184,7	225,4	220,7	183,6	231,4
„ „ Überh. $Hü$	„	46,6	56,0	58,4	59,4	56,0	83,6
„ „ gesamt	„	230,7	240,7	283,8	280,1	239,6	315,0
Verhältnis $H:R$		60,5	45,0	48,5	54,0	46,0	46,6
„ $H:Hü$		3,96	3,3	3,86	3,72	3,28	2,77
„ der Zylinderinhalte		—	2,4	—	—	2,37	2,32
Leergewicht	t	67,5	70,7	79,5	76,2	68,5	94,3
Reibungsgewicht	„	62,0	61,0	62,0	59,2	47,0	64,6
Dienstgewicht	„	75,0	78,7	88,0	85,3	79,0	104,2
Kesselkennziffer	$C_k = \frac{J^{1)}}{R}$	63,0	47,1	45,0	42,4	41,0	52,5
Reibungskennziffer	C_r	25,0	25,8	27,7	23,6	25,2	29,5

[1]) J = Zylinderinhalt.

1. Anwendung eines Dampfkessels mit Verbrennungskammer nach amerikanischem Muster.
2. Anwendung eines Dampfkessels mit lyraförmiger Rostfläche, wie er bereits bei den Reihen 3000, 4000 und 4300 der Spanischen Nordbahn Verwendung gefunden hat.
3. Anwendung eines gewöhnlichen Kessels mit breiter Feuerbüchse jedoch mit außergewöhnlich langer Rauchkammer, und Einbau von Ballast.

Abb. 2 bis 4 zeigen die eben genannten drei Lösungen, die zur Verlegung des Gesamtschwerpunktes nach vorn als gemeinsames Kennzeichen weit nach vorn vorgezogene, innenliegende Niederdruckzylinder aufweisen.

Bei diesen Entwürfen wurden als Belastung für die hintere Laufachse zunächst 16 t angenommen bei einer Belastung des vorderen Drehgestelles mit 23 t, so daß sich ein Gesamtdienstgewicht von 103 t ergab. Bei dem vorgeschriebenen vierachsigen Normaltender der Bahn von 50 t steht ein größeres Dienstgewicht bei einer Belastung von nur 6 t für 1 m Länge nicht zur Verfügung.

Die Spanische Nordbahn entschied sich für die erste Lösung, d. h. für die Anwendung eines Kessels mit Verbrennungskammer, und erteilte der Hanomag den Auftrag auf die Ausführung von sechs Lokomotiven dieser Art.

Unter Berücksichtigung der Sonderwünsche der Spanischen Nordbahn wurde der Entwurf nochmals von der Hanomag völlig umgearbeitet, jedoch unter Beibehaltung der ursprünglich vorgeschlagenen Hauptabmessungen. Die nunmehr entstandene Lokomotive zeigen Abb. 5 sowie Abb. 6 bis 9, Tafel 7.

Berechnung der Hauptabmessungen.

Die unter Benutzung des Verfahrens von Strahl berechneten Hauptabmessungen sind:

Den drei Forderungen des Leistungsplanes entsprechen unter Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse Spaniens Dauerleistungen von 2050, 2190 und 2250 PS_i bei Beförderung des 400 t-Zuges mit 55, 65 und 90 km/h Geschwindigkeit. Rechnet man mit einem günstigsten spezifischen Dampfverbrauch von $D_i = 6{,}3$ kg/PS_ih, so würde von dem Kessel eine stündliche Dampfmenge

$$Q = 2250 \cdot 6{,}3 = 14\,175 \text{ oder rd. } 14\,200 \text{ kg}$$

zu liefern sein.

Da die Voruntersuchungen bereits ergeben hatten, daß man mit dem Verhältnis $\frac{H}{R}$ mit Rücksicht auf den aschenreichen Brennstoff unter 56 bleiben muß, und daß man bei diesem Flächenverhältnis mit der Beanspruchung des Kessels aus wirtschaftlichen Gründen im Dauerbetriebe nicht über 63 kg Dampf für 1 m² Heizfläche (feuerberührt) und Stunde gehen soll, so mußte eine Kesselheizfläche von mindestens $14\,200 : 63 = 225$ m² untergebracht werden. Einem Verhältnis $\frac{H}{R} = 56$ entspricht dann ein Rost $R = 4{,}01$ m². Um dauernd 63 kg/m²h Dampf zu erhalten, muß man mit einem Anstrengungsgrad $A = 4$, d. h mit einer stündlichen Verfeuerung von 570 kg auf 1 m² Rostfläche rechnen. Ein Blick auf das Streckenprofil, Abb. 1, zeigt, daß von der Lokomotive solche Leistungen über Streckenabschnitte von 180 km Länge und mehr verlangt werden, also je nach der Steigung 3 Stunden hindurch und länger. Es wurde deshalb der Rostbemessung ein geringerer Anstrengungsgrad von $A = 3{,}3$ zu Grunde gelegt, entsprechend einer stündlichen Verfeuerung von 480 kg Kohle auf 1 m² Rost, und somit $R = 4{,}75$ m² erhalten.

Da nun aber die spanische Kohle den außergewöhnlich hohen Aschengehalt von 12 vH gegenüber 6,5 vH bei deutschen Steinkohlen hat, schien es fraglich, ob der Rost bei wachsender Verschlackung trotz der Anwendung eines Schüttelrostes die erforderliche Verbrennung gewährleisten würde. Es wurde deshalb eine weitere Vergrößerung für notwendig erachtet, und zwar entsprechend dem Verhältnis der brennbaren Bestandteile der deutschen zur spa-

Abb. 2 bis 4. Entwürfe der Hanomag für die 2 D 1-Lokomotive der Spanischen Nordbahn.

Abb. 5. Ansicht der 2 D 1-Lokomotive für die Spanische Nordbahn.

nischen Kohle um 5,6 vH, so daß die Rostfläche endgültig mit $R = 5\,m^2$ festgelegt wurde. Die stündlich zu verfeuernde Kohlenmenge beträgt $5 \times 480 = 2400$ kg; diese Menge kann erfahrungsgemäß noch durch einen Heizer bewältigt werden.

Große Schwierigkeiten machte die Ausführung des großen Kessels bei einem Dienstgewicht von nur 103 t. Zahlentafel 2 enthält die Hauptabmessungen ähnlicher Lokomotiven und zeigt, daß es bei äußerst vorsichtigem Entwerfen, namentlich in Hinblick auf die Beispiele 1, 2, 4 und 5, wohl möglich ist, diesen großen Kessel unter Einhaltung des vorgeschriebenen Gewichtes auszuführen. Die Annahme hat sich auch bestätigt, wenn man von einer durch Baustoffunterschiede hervorgerufenen Gewichtsüberschreitung von etwa 1 vH absieht. Heute steht die fertige Lokomotive vor uns, deren Kessel sogar mit einer feuerberührten Heizfläche von 231,4 m² verwirklicht wurde. Von dieser Fläche entfallen 23,4 m² auf die Feuerbüchse, erreicht durch die 900 mm lange Verbrennungskammer in Verbindung mit den vier Wasserrohren, die zum Tragen der Feuerbrücke dienen. Der Schmidt-Überhitzer wurde in 30 Rauchrohren mit 83,6 m² Heizfläche untergebracht.

Die Wägung der Lokomotive ergab ein Leergewicht von 94,3 t und ein Dienstgewicht von 104,2 t; diese Werte wurden den nachfolgenden Untersuchungen zugrunde gelegt.

Für die Bemessung der Zylinder waren das vorgeschriebene Reibungsgewicht von 64 t, sowie der Treibraddurchmesser von 1750 mm bestimmend, endlich aber auch der Wunsch, bei der Anordnung der Zylinder nach Bauart de Glehn die Niederdruckzylinder des besseren Massenausgleiches wegen innen zwischen die Rahmenplatten zu legen. Mit Rücksicht auf die Festigkeit der Kropfachse ließen sich dank der breiten spanischen Spur Niederdruckzylinder von 700 mm Dmr. unterbringen. Die Hochdruckzylinder erhielten infolgedessen in dem gebräuchlichen Raumverhältnis 1 : 2,32 460 mm Dmr. Beide Triebwerke haben den gleichen Hub von 680 mm. Mit diesen Zylindern ergibt sich als größte Anfahrzugkraft

$$Z_{max} = \frac{d_n^2\, s \cdot 2 \cdot 0{,}85\, p}{(R+1)\, D},$$

wobei:

d_N Durchmesser des Niederdruckzylinders in cm
s Kolbenhub in cm
p Kesseldruck in at
R Zylinderraum-Verhältnis
D Treibrad-Durchmesser in cm,

also

$$Z_{max} = \frac{70^2 \cdot 68 \cdot 1{,}7 \cdot 16}{(2{,}32+1) \cdot 175} = 15\,600 \text{ kg},$$

entsprechend einem Reibungswert $\mu = 1/_{4,1}$, der beim Anfahren und bei guter Sandung auch während der Fahrt ausreicht. Dem Wert $\mu = 1/5$ entspricht eine Zugkraft von 12 800 kg, die bei den üblichen Zuggewichten kaum überschritten wird.

Die für die vorgeschriebenen Leistungen gebrauchten Zugkräfte von 10 070, 9083 und 6760 kg erfordern folgende mittlere indizierte Dampfdrücke in den Zylindern:

$$\text{Fall I:}\quad p_i = \frac{175 \cdot 10070}{68 \cdot 70^2} = 5{,}3 \text{ at}$$

$$\text{„ II:}\quad p_i = \frac{175 \cdot 9083}{68 \cdot 70^2} = 4{,}7 \text{ at}$$

$$\text{„ III:}\quad p_i = \frac{175 \cdot 6760}{68 \cdot 70^2} = 3{,}56 \text{ at.}$$

Nach Versuchen (Strahl, Lihotzky usw.) liegen die Hochdruckzylinder-Füllungen für diese Drücke ungefähr zwischen 30 und 45 vH, also im Bereiche des wirtschaftlichen Betriebes. Die Reibungskennziffer nach Garbe beträgt $C_r = \frac{70^2 \cdot 68}{64 \cdot 175} = 29{,}9$[1]), zeigt also an, daß die Zylinder ausreichend bemessen sind. Den Zugkräften der drei Forderungen des Leistungsplanes entsprechen Reibungswerte von $1/_{6,3}$ bis $1/_{9,55}$.

Ein nochmaliger Blick auf die Zahlentafeln 1 und 2 lehrt, daß die neue Lokomotive, sowohl was Kesselabmessungen anbetrifft $\left(\text{Kesselkennzeichen } C_k = \frac{\text{Zylinderinhalt}}{\text{Rostfläche}}\right)$, als auch hinsichtlich der Reibungskennziffer durchaus günstig liegt.

Während man bekanntlich im Dampfmaschinenbau versucht, die schädlichen Räume der Zylinder auf das kleinstmögliche Maß zu beschränken, stellte die Spanische Nordbahn die Forderung, den Hochdruckzylindern schädliche Räume von 20 vH und den Niederdruckzylindern solche von 16 vH zu geben. Man wird zunächst über diese Forderung einigermaßen erstaunt sein, doch stützt sich die Nordbahn auf eigene Betriebserfahrungen und die der Paris—Orléans-Bahn. Es hat sich gezeigt, daß sich bei den Vierzylinder-Verbundlokomotiven der Spanischen Nordbahn, trotz negativer Auslaßdeckungen der Schieber bei normalen schädlichen Räumen sowohl beim Fahren unter Dampf als auch besonders bei den langen Talfahrten übermäßige Verdichtungen ergaben, die den Lauf der Lokomotiven sehr hemmten. Durch Abänderung der Zylinderdeckel hat man die schädlichen Räume der Reihen 3000 und 4000 (siehe Nr. 2 und 5 der Zahlentafel 1) auf rd. 25 vH des Hubraumes vergrößert und dadurch einen viel leichteren Gang der Loko-

[1]) Die Wägung ergab als Reibungsgewicht 64,6 t, wodurch $C_r = 29{,}5$ wird.

Zahlentafel 2. Neuere schwere europäische Lokomotiven.

Laufende Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Bahnverwaltung	D. R. B. (Baden)	D. R. B. (Sachsen)	D. R. B. (Preußen)	Italien Stb.	Österr. B. B.	D. R. B. Württemb.	Span. Nordbahn
Bauart	2 C 1^4v S	1 D 1^4v S	1 D 1^3 P	1 D 1^4v	1 F^4v P u. G	1 F^4v G	2 D 1^4v S
Gattung	IV h	XX H V	P 10	746	100	K	4600
Spurweite . . . mm	1435	1435	1435	1435	1435	1435	1676
Zyl.-Dmr. . . . „	2×440/680	2×480/720	3×520	2×490/720	2×450/760	2×510/760	2×460/700
Kolbenhub . . . „	680	630	660	680	680	650	680
Treibrad-Dmr. . . . „	2100	1905	1750	1880	1450	1350	1750
Kesseldruck . . . at	15	15	14	14	16	15	16
Rostfläche R . . . m²	5,0	4,5	4,0	4,3	5,0	4,2	5,0
Heizfl. fb. Feuerbüchse . . . „	15,6	15,5	17,5	17,0	17,4	15,5	23.4
„ Rohre . . . „	209,2	209,6	203,0	220,0	211,5	218,0	208,0
„ Kessel H . . . „	224,8	225,1	220,5	237,0	228,9	233,5	231,4
„ Überh. $Hü$ . . . „	77,6	74,0	82,0	67,0	59,1	80 0	83,6
„ gesamt . . . „	302,4	299.1	302,5	304,0	288,0	313,5	315,0
Verhältnis $H:R$ . . .	45,0	50,0	55,3	55,0	45,8	55,6	46,6
„ $H:Hü$ . . .	2,9	3,04	2,7	3,54	3,88	2,92	2,77
„ der Zyl.-Inhalte . . .	2,39	2,25	—	2,16	2,85	2,22	2,32
Leergewicht . . . t	87,5	90,3	100,4	84,6	88,0	98,2	94,3
Reibungsgewicht . . . „	53,4	68,6	75,7	66,0	82,0	94,6	64,6
Dienstgewicht . . . „	97,0	99,9	110,4	93,0	96,0	108,0	104,2
Größter Achsdruck . . . „	17,8	17,2	19,0	16,0	13,7	15,8	16,15
Kesselkennziffer . . . $C_k = \frac{J}{R}$[2])	49,5	57,0	52,5	64,0	62,0	74,0	52,5
Reibungskennziffer C_r . . .	28,0	25,0	20,6	28,5	33,0	29,5	29,5

[2]) J = Zylinderinhalt.

Abb. 8.

Schnitt durch den Zapfen des Drehgestells. Vorderansicht.

Abb. 9.

Schnitt durch den vorderen Teil der Feuerbüchse von hinten nach vorn gesehen. Schnitt durch die hintere Treibachse von hinten nach vorn gesehen.

Spurweite . . .
Zylinderdurchmesser
Kolbenhub . . .
Treibraddurchmesser
Laufraddurchmesser
Radstand, fest .
" gesamt .
Dampfüberdruck .
Rostfläche . .
Heizfläche der Feue
Verb
" " Feue
" " Feue

d-Schnellzuglokomotive

dbahn.

motiven erreicht ohne merkbare Erhöhung des Brennstoffverbrauches, da es sich ja um überhitzten Dampf handelt.

In Abb. 10 sind die Zylinderverhältnisse unter Berücksichtigung der großen schädlichen Räume dargestellt. Da es sich bei der Bauart de Glehn um zwei unabhängig voneinander verstellbare Steuerungen handelt, mußte man sich auf einige wenige Fälle beschränken. Untersucht wurden Füllungsverhältnisse im Hoch- und Niederdruckzylinder von 30 : 40 vH und 30 : 60 vH, ferner das Anfahren mit Frischdampf in den vier Zylindern mit nachfolgender Umschaltung auf Verbundwirkung bei 80 : 85 vH Füllung. Infolge der großen schädlichen Räume tritt nie Schleifenbildung im Diagramm auf, und der Enddruck der Verdichtung bleibt tief unter der Eintrittspannung, was im Verein mit dem gut ausgeglichenen Triebwerk einen leichten und stoßfreien Lauf der Lokomotive bewirkt.

Die Hochdrucksteuerung ist sehr gestreckt gebaut; sie arbeitet mit Einlaßdeckungen von + 33 mm und Auslaßdeckungen von — 3 mm bei 220 mm Kolbenschieber-Durchmesser. Unangenehmer war die Durchbildung der Niederdrucksteuerung, bei der zur Erlangung gleichmäßiger Füllungen im Bereiche von 40 bis 60 vH die Einlaßdeckung vorn 34 und hinten 32 mm betragen mußte. Die Auslaßdeckung beträgt — 5 mm bei 300 mm Durchmesser des Kolbenschiebers.

Leistung und Vergleich mit andern ausgeführten Lokomotiven.

Im folgenden soll nun dargelegt werden, welche Höchstleistung aus der neuen Lokomotive mit den endgültigen Abmessungen herauszuholen ist. Zugleich wird es von Wert sein, die Leistung der spanischen 2 D 1-Lokomotive mit der 1 D 1-Dreizylinder-Lokomotive, Gattung P 10 der Deutschen Reichsbahn (Zahlentafel 2, Nr. 3), zu vergleichen [1]). Hierbei verdient Beachtung, daß die sechsachsige P 10-Lokomotive um 6,2 t schwerer ist, als die siebenachsige spanische Lokomotive. Mit Tender beträgt der Gewichtsunterschied rd. 20 t. Letzteres Gewicht ist für die Vergleichrechnung maßgebend.

Unter Benutzung des Strahlschen Verfahrens soll bestimmt werden:

a) größte Dauerleistung (ohne Vorwärmer),

b) vorübergehende Höchstleistung unter Hinzuziehung des Speisewasservorwärmers zur Leistungserhöhung.

I. $2D1^{4v}$-Lokomotive der Spanischen Nordbahn.

Endgültige Kessel- und Triebwerkabmessungen:

$H = 231{,}4$ m², $R = 5{,}0$ m², $p = 16$ at, $D = 175$ cm,
$d_n = 70$ cm, $s = 68$ cm, $G_l = 24{,}3$ t, $G_d = 104{,}2$ t.

a) Größte Dauerleistung:

Größte Dampfmenge $Q = 231{,}4 \cdot 63 = 14\,578$ kg/h,

Dampfleistung des Kessels $N_i' = \dfrac{Q}{D_i} = \dfrac{14\,578}{6{,}3} = 2314$ PSi,

also Rostanstrengung $\dfrac{2314}{5} = 462{,}8$ PSi/m² h, entsprechend $\dfrac{14\,578}{5} = 2914$ kg/m² h Verdampfung oder 500 kg/m² h Kohlenverbrauch.

Spezifische Leistung $\dfrac{N_i'}{G_l} = 24{,}5$ PSi/t.

Günstigster Mitteldruck $p_i = 3{,}4$ at für 12 at Kesseldruck.

Abb. 10. Theoretische Zylinderverhältnisse für die 2 D 1-Vierzylinder-Heißdampfverbund-Schnellzuglokomotive bei verschiedenen Füllungen, Kurbeln unter 180°.

I. Abmessungen:

Zylinder	Dmr. mm	Hub mm	Inhalt dm³	schädlicher Raum dm³	schädlicher Raum vH	$\frac{v}{V}$
Hochdruckzyl. . .	460	680	$v = 113$	$s = 23$	20,8	1
Niederdruckzyl. .	700	680	$V = 261{,}7$	$S = 39$	16,2	2,316

Verbinderinhalt $R = 160$ dm³, $\frac{R}{v} = 1{,}42$.

II. Maßstäbe:

1 at = 118 dm³ = 5 mm R = 142 mm
v = 100 „ s = 23 dm³ = 20,3 „
V = 231,6 „ S = 34,6 „

Die aufgetragenen Räume beziehen sich auf den HZ als Einheit.

III. Bemerkungen:

Kesselspannung 16 at Überdruck
Expansionslinie für HZ als Polytrope mit Exp. 1,27
Expansionslinie für NZ als Adiabate
Verdichtungslinie für HZ als Polytrope mit Exp. 1,2
Verdichtungslinie für NZ als Adiabate.

Die einzelnen Schaulinienpunkte (*E*, *VA*, *K*, *VE*) sind aus dem Steuerungsergebnis nach dem Holzmodell entnommen. Die einzelnen Füllungen können vom Lokomotivführer für den Hoch- sowie auch Niederdruckzylinder getrennt eingestellt werden.

IV. Ergebnisse:

Schaulinie	Füllungen HZ. vH	Füllungen HZ. Linie	Füllungen NZ. vH	Füllungen NZ. Linie	Fläche cm² HZ.	Fläche cm² NZ.	p_i at HZ.	p_i at NZ	$\frac{d_h^2 s}{D}$ cm³	$\frac{d_n^2 s}{D}$ cm²	Zugkraft $Z_h = \frac{p_i d_h^2 s}{D}$ kg	Zugkraft $Z_n = \frac{p_i d_n^2 s}{D}$ kg	Indizierte Gesamtzugkraft $Z_i = Z_h + Z_n$ kg	$Z_e = 0{,}82 Z_i$ kg	Bewegungsverlust vH	Gesamtzugkraft am Tenderhaken Z ges. kg
A	30	a,b	40	def	31	24,5	6,2	2,12	822	1900	5090	4030	9120	7480	5	7100
	30	a,c	60	dgh	32,6	80	6,52	2,6	„	„	5350	4940	10290	8440	5	8000
B	80	a,b	85	c,d	69,8	62,5	13,96	5,4	„	„	11500	10260	21760	17850	2	17500
	80	a,e	85	f,d	45	56,5	9	4,9	„	„	7400	9300	16700	13700	2	13440
	60	a,g	70	h,d	41,6	45,8	8,32	3,96	„	„	6840	7520	14260	11800	2	11580

[1]) Vergl. Glasers Annalen 15. Sept. 1924, S. 104.

Abb. 11. Kesselleistungen und Zugkräfte der spanischen 2 D 1-Lokomotive und der P 10-Lokomotive der Deutschen Reichsbahn.

a vorübergehende Höchstleistung der spanischen 2 D 1-Lokomotive
b höchste Dauerleistung der spanischen 2 D 1-Lokomotive
c vorübergehende Höchstleistung der P 10-Lokomotive
d höchste Dauerleistung der P 10-Lokomotive
e zur Leistungslinie *a* gehörige Zugkräfte
f " " *b* " "
g " " *c* " "
h " " *d* " "

Abb. 12 und 13. Vergleich der Linien gleicher Zuglast für gute Durchschnittleistung.

Abb. 12. 2 D 1-Lokomotive der Spanischen Nordbahn.

Abb. 13. P 10-Lokomotive der Deutschen Reichsbahn.

Für 16 at wird $p_i = 3{,}4 \cdot 1{,}12 = 3{,}8$ at, somit Zugkraft bei der Höchstleistung

$$Z_i' = 3{,}8 \cdot \frac{70^2 \cdot 68}{175} = 7230 \text{ kg}.$$

Hierzu gehört die günstigste Geschwindigkeit

$$V' = \frac{270 \cdot 2314}{7230} = 86{,}5 \text{ km/h}.$$

b) Vorübergehende Höchstleistung:
(bei Hinzurechnung des Vorwärmergewinnes von erfahrungsgemäß etwa 14 vH).

Hierbei wird wie unter a)

$Q = 16600$ kg, $N_i' = 2639$ PS$_i$,

Spezifische Leistung $\frac{N_i'}{G_1} = 27{,}9$ PS$_i$/t,

Rostanstrengung: 527,8 PS$_i$/m²h, entsprechend 3320 kg/m² h Verdampfung und 500 kg/m² h Kohlenverbrauch,

$Z_i' = 7230$ kg, $V' = 98$ km/h.

II. 1D1³-Lokomotive, Gattung P10, der Deutschen Reichsbahn.

Kessel- und Triebwerkabmessungen.

$H = 220{,}5$ m², $R = 4$ m², $p = 14$ at, $D = 175$ cm, $d = 52$ cm, $h = 66$ cm, $G_l = 100{,}4$ t, $G_d = 110{,}4$ t.

a) Größte Dauerleistung:

$Q = 220{,}5 \cdot 63 = 13900$ kg,

$N_i' = \frac{13900}{6{,}8} = 2040$ PS$_i$,

Spezifische Leistung $\frac{N_i'}{G_l} = 20{,}3$ PS$_i$/t[1]),

Rostanstrengung: 510 PS$_i$/m² h, entsprechend 3475 kg/m² h Verdampfung und 570 kg/m² h Kohlenverbrauch,

$Z_i' = 3{,}8 \cdot \frac{1{,}5 \cdot 52^2 \cdot 66}{175} = 5820$ kg,

$V' = 94{,}6$ km/h.

b) vorübergehende Höchstleistung wie bei I b:

$Q = 15850$ kg, $N_i' = 2330$ PS$_i$,

Spezifische Leistung $\frac{N_i'}{G_l} = 23{,}2$ PS$_i$/t,

Rostanstrengung: 582 PS$_i$/m² h, entsprechend 3960 kg/m² h Verdampfung und 570 kg/m² h Kohlenverbrauch,

$Z_i' = 5820$ kg, $V' = 108$ km/h.

Des besseren Vergleiches wegen wurden in Abb. 11 die Kesselleistungen und Zugkräfte der beiden Lokomotiven für verschiedene Geschwindigkeiten zeichnerisch dargestellt. Abb. 12 und 13 geben die Linien gleicher Zuglast für gute Durchschnittleistung wieder, die zur Fahrplanbildung als maßgebend zu betrachten sind[2]).

[1]) P10 schneidet bei diesem Vergleich zu günstig ab, da sie nur 6 Achsen hat. Bei 7 Achsen erhöht sich G_l auf etwa 103,4 t, wobei $\frac{N_i'}{G_l} = 19{,}8$ bezw. 22,5 PS$_i$/t.

[2]) Für P10 vergleiche Aufsatz Nordmann, Glasers Annalen 15. Sept. 1924, und Merkbuch für die Fahrzeuge der Reichsbahn.

(Schluß folgt.) [B 717]

Einsturz eines Melassebehälters.

Vor etwa 6 Jahren barst in Boston ein zylindrischer Stahlplattenbehälter von 27,5 m l. Dmr. und rd. 9500 m³ Fassungsvermögen, der zur Melasseaufspeicherung diente. 21 Personen ertranken dabei oder fanden sonst den Tod, und es wurde großer Materialschaden verursacht. Bei dem Unfall zerriß die Behälterwand an einer Seite und streckte sich aus. Der Hauptriß ging durch ein Mannloch im unteren Ring und dann durch das volle Blech, weiter oben lief der Riß lang durch die genieteten Stöße. Bei den Schadenersatzverhandlungen behaupteten die Kläger, der Behälter sei zu schwach gewesen, die Verteidigung dagegen, der Unfall wäre auf eine Bombenexplosion im Behälter zurückzuführen. Der Richter hat nunmehr nach Vernehmung zahlreicher Zeugen, die drei Jahre in Anspruch genommen hatte, und nach Beibringung vieler Sachverständigengutachten von beiden Seiten, die Annahme einer Bombenexplosion verworfen, da sich kein einziges Anzeichen dafür fand, und den Behälter als zu schwach bezeichnet.

Der Behälter bestand aus 7 Schüssen von etwa 2,1 m Breite, hatte also außen rd. 15 m Höhe, und ruhte mit seinem flachen Boden auf einer Zementsandunterlage mit Betongründung. Die Decke bildete ein Kegelmantel auf Sparrenkonstruktion. Der erste Ring enthielt 20 Mannlöcher. Die Wanddicke war etwas geringer, als im Entwurf und im Genehmigungsgesuch angegeben war. Ring 1 hatte dreifache Laschennietung mit senkrechten Nähten, die andern Ringe hatten dreifache Überlappungsnietung. Ein herausgerissenes Wandstück mit einem kleinen Teil der Bodenplatten wurde 55 m entfernt gefunden; es wog 2½ t. Ein weiteres Stück und die Decke flogen 32,5 m weit in andrer Richtung. Der Rest der Behälterhaut zerriß in zwei große Stücke. Der Boden blieb an seinem Platz.

Der Behälter war 8 Jahre in Benutzung, war elfmal mit mehr als 7000 m³ gefüllt worden, die größte Füllung betrug rd. 9300 m³, am Tage des Unfalls waren es 8770 m³. Der der Rechnung zugrunde liegende Sicherheitsfaktor betrug 3 bei einem Melassegewicht von 1,4 kg/l. Durch die Sachverständigen wurde der vorhandene Sicherheitsgrad mit 2,3 bzw. 1,7 ermittelt. Die zu entscheidende Frage war, ob diese Sicherheitsfaktoren einen genügenden Überschuß darstellten, um den sekundären Spannungen Rechnung zu tragen. Es wurde entschieden, daß die hohen Spannungen, der geringe Sicherheitsfaktor und die sekundären Spannungen für die Zerstörung verantwortlich zu machen seien. („Engineering News-Record" Bd. 94 (1924) Nr. 5.) [N 224] Bu.

Die Dieselmaschine in Amerika.

Von Prof. Dr.-Ing. A. Nägel, Dresden.

(Fortsetzung von S. 960.)

Ihrem inneren Arbeitsverfahren nach aufs engste verwandt mit der De La Vergne-Maschine ist die neue, für den Schiffschraubenantrieb geschaffene Versuchsmaschinenanlage der Falk-Corporation in Milwaukee. Diese Anlage besteht aus vier Vierzylinder-Viertakt-Dieselmaschinen, die miteinander durch ein Zahnrädergetriebe mit zwei Ritzeln gekuppelt sind und insgesamt 2200 PS_e Normalleistung haben. Die beiden Ritzel sind nach jeder Seite hin durch Falk-Bibby-Kupplungen an je eine der vier Maschinen angeschlossen. Die Zylinder haben 483 mm Dmr. und 711 mm Hub, die Drehzahl beträgt 200 Uml./min. Die Normalleistung von 2200 PS_e entspricht einem mittleren wirksamen Kolbendruck von 4,82 at.

Diese Maschinen stehender Bauart arbeiten ebenfalls nach dem Price-Verfahren, Abb. 55 und 56. Den Deckel hat man, um die eigenartige Form des Verbrennungsraumes durch einfache Konstruktionsteile zu bilden, aus zwei Teilen zusammengesetzt. Dies geht noch deutlicher aus Abb. 57 bis 60 hervor, wo auch die beiden Brennstoffeinspritzdüsen und die Kühlwasserführung zu erkennen sind. Der Deckel ist auf seiner Oberfläche, Abb. 61, durchgehend bearbeitet und nimmt das Einlaß-, das Auslaß-, das Sicherheits- und das Anlaßventil auf. Beim Kolben, Abb. 62 bis 67, bildet der Kolbenboden mit einem zylindrischen Ansatz zur Aufnahme der Kolbenringe ein besonderes Stück, Abb. 68 und 69. Auf diese Weise ist die vom Kolbenboden aufgenommene Wärme, solange keine innere Kühlung durch Wasser oder Öl verwendet wird, auf die Ableitung durch die Kolbenringe an das gekühlte Zylinderfutter angewiesen.

Die vorliegende Kolbenbauart ist für innere Kühlung durch Öl eingerichtet. Abb. 70 und 71 zeigen die Gelenkrohre zum Zu- und Ableiten der Kühlflüssigkeit. Tatsächlich hat man jedoch diese Kühlung bei den bisherigen Versuchen außer Betrieb gesetzt, da man selbst bei sehr hohen mittleren Kolbendrücken, die durch Ausspülen der Verbrennungsgase aus dem Verbrennungsraum vor Beginn des Ansaugens erzielt wurden, keine innere Kühlung des Kolbens brauchte. Trotzdem hat die Firma die Absicht, für den praktischen Betrieb die innere Kolbenkühlung zu empfehlen, wenn mit Leistungssteigerung durch Spülen und Aufladen gearbeitet wird.

Es ist bemerkenswert, daß die Viertaktmaschinen mit Price-Einspritzung bis zu Zylindern von rd. 530 mm Dmr. ohne Kolbenkühlung auskommen. Auch bei der De La Vergne Co. haben erst noch größere Kolbendurchmesser

Abb. 56.

Abb. 55.

Abb. 55 und 56. Vierzylinder-Viertakt-dieselmaschine der Falk Corporation, Milwaukee, 483 mm Zyl.-Dmr., 711 mm Hub, 200 Uml./min.

Abb. 57 bis 60. Zweiteiliger Zylinderdeckel der Dieselmaschine der Falk Corporation, Abb. 55 und 56.

Abb. 72. Brennstoffeinspritzdüse der Viertaktmaschine, Abb. 55 und 56.

Veranlassung gegeben, innere Kühlung anzuwenden. Der Grund für diese Erscheinung ist der fast allseitig gekühlte Verbrennungsraum, der nur auf der verhältnismäßig kleinen Fläche der Öffnung vom Kolben begrenzt wird und daher der unmittelbaren Einwirkung der heißen Verbrennungsgase in viel höherem Maß als bei der uns geläufigen Ausbildung des Verbrennungsraumes entgeht. Es leuchtet ein, daß statt des Kolbens der gekühlte Zwischendeckel gesteigerte Wärmemengen abführen muß, weshalb ihn die Falk Corporation aus dünnwandigem Stahlguß herstellt.

Die Brennstoffeinspritzdüse ist in Abb. 72, die Mündungsplatte mit den drei

Abb. 62 bis 67. Kolben der Dieselmaschine, Abb. 55 und 56, mit Ölkühlung.

Abb. 73 und 74. Mündungsplatte der Einspritzdüse, Abb. 72, mit den drei 0,3 mm weiten, sich vereinigenden Bohrungen.

Abb. 75. Brennstoffpumpe zu der in Abb. 55 und 56 dargestellten Maschine.

Abb. 61. Draufsicht des Zylinderdeckels, Abb. 57 bis 60.

0,3 mm weiten, sich vereinigenden Bohrungen in Abb. 73 und 74 in größerem Maßstabe dargestellt. Die Fördermenge der Brennstoffpumpe, Abb. 75, wird durch ein Überströmventil geregelt, ihr Tauchkolben durch einen Nocken der Steuerwelle bewegt. Um einen Arbeitszylinder auszuschalten, kann man den zugehörigen Kolben der Brennstoffpumpe in der tiefsten Stellung festlegen. Mit dem dünn gezeichneten Handhebel kann man das die Rolle enthaltende Gleitstück aus dem Bereich des Drehnockens der Steuerwelle entfernen, so daß die betreffende Brennstoffpumpe stehen bleibt.

Die Vorverdichtung ist auf rd. 24,5 at, der höchste Verbrennungsdruck auf rd. 49 at bemessen. Der Förderdruck der Brennstoffpumpe schwankt je nach der Dickflüssigkeit des Brennstoffs zwischen 210 und 280 at; schwerstes mexikanisches Heizöl muß man vorwärmen, um es unter 280 at durch die Düse einspritzen zu können.

Bei den Versuchen, mittels eines Ladegebläses nach Roots die Leistung zu steigern, hat sich gezeigt, daß man wegen des Überschneidens der Öffnungszeiten von Auslaß- und Einlaßventil den Anfangsdruck der Vorverdichtung nur in ganz bescheidenem Maß erhöhen kann. Der Erfolg mit der Zuführung der Gebläseluft bei 40 bis 50 mm Q.-S. Überdruck, der sich im Steigen des mittleren wirksamen Kolbendrucks bis auf 10,3 at ausdrückt, ist also im wesentlichen

Abb. 68 und 69. Anordnung der Labyrinthführung des Kühlöles und Einbau der Kolbenringe in das Kolbenbodenstück.

Abb. 70 und 71. Gelenkrohre zum Zu- und Ableiten des Kolbenkühlöles.

Abb. 78. Hälfte der Versuchsmaschinenanlage der Falk Corporation.

der Ausspülung der Verbrennungsgase aus dem Verbrennungsraum zuzuschreiben.

Die Umsteuerung, Abb. 76, hat einige Ähnlichkeit mit der bekannten Umsteuerung von Gebr. Sulzer[1]), tritt jedoch im Gegensatz zu dieser nur in den beiden äußersten Lagen in Wirksamkeit. In der Mittelstellung der Dreieckschwinge sind beide Rollen außer Eingriff mit den zugeordneten Nocken. Die Einschaltung der gewünschten Drehrichtung erfolgt ohne Anheben des Getriebes, lediglich durch Drehung der Hebelstützwelle. Durch eine neben jedem Auspuffventilhebel über der Steuerwelle angeordnete Brücke, die federnd abgestützt ist und auf deren Wölbung in der Mittellage des Umsteuergetriebes die Dreieckschwinge des Auspuffventils mittels einer seitlichen Rolle aufläuft, werden die Auspuffventile vor dem Wechsel der Drehrichtung zur Druckentlastung der Arbeitszylinder geöffnet. Sollte hierzu der jeweilige Druck im Zylinder so hoch sein, daß man ihn ohne Gefahr für die Sicherheit der Antriebteile des Auspuffventils nicht öffnen kann, so gibt vorübergehend die federnde Unterstützung der Brücke, Abb. 77, nach, bis der Druck im Zylinder bei weiterer Kolbenbewegung hinreichend gesunken ist.

Die Steuerwelle wird durch einen Trieb von fünf Pfeilzahn-Stirnrädern angetrieben, wovon vier von gleicher Größe sind, während das fünfte, auf der Kurbelwelle aufgekeilte Rad halbe Größe hat. Das Rädergetriebe befindet sich in einem gußeisernen Gehäuse am Ende der Maschine.

Die Dieselmaschinen können noch mit 17 Uml./min ohne Zündaussetzer laufen. Zum Anlassen und zum Umsteuern wird Druckluft von rd. 21 at Überdruck benutzt. Es hat sich gezeigt, daß die Manöver noch mit rd. 7 at Überdruck durchgeführt werden können. Das Umsteuern von Vollkraft vorwärts auf Vollkraft rückwärts nimmt 16 s in Anspruch, wobei bemerkt werden muß, daß der Ersatz der elektrisch angetriebenen Umsteuermaschine durch eine hydraulische eine beträchtliche Abkürzung dieser Zeit mit sich bringen würde.

Bei dem Bild der einen Hälfte der Versuchsanlage, Abb. 78, ist außer den Dieselmaschinen die Falk-Bibby-Kupplung beachtenswert, die in bezug auf die Übertragung harmonischer Schwingungen besonders vorteilhaft sein soll. Die Kupplung, die von James Bibby, London, erfunden und von der Falk Corporation in aussichtsreicher Weise vervollkommnet wurde, beruht darauf, daß das Drehmoment von der einen Kupplungshälfte auf die andre durch stählerne Flachstäbe übertragen wird, die jeder mit dem einen Ende am Umfang der einen, mit dem andern am Umfang der zweiten Kupplungshälfte gelagert sind. Die Stäbe sind also parallel zur Drehachse angeordnet und biegen sich nach Maßgabe des zu übertragenden Drehmoments durch. Hierbei würde die Kupplung selbst zu einem harmonisch schwingenden System und dadurch gefährlich werden, wenn die einzelnen Federstäbe eine konstante Einspannlänge hätten und daher die Pfeilhöhe ihrer elastischen

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S. 730 Abb. 69.

Abb. 77.

Abb. 76.

Abb. 76 und 77. Umsteuerung der Vierzylindermaschine, Abb. 55 und 56.

Linie proportional der Umfangskraft wäre. In Wirklichkeit wird aber die federnde Länge der Übertragungsstäbe um so geringer, je größer ihre Durchbiegung, je größer also das zu übertragende Drehmoment ist. Diese Veränderlichkeit der federnden Länge wird dadurch erreicht, daß die Federstäbe, von denen übrigens mehrere zu einer Schlangenfeder zusammengefaßt sind, Abb. 79 bis 85, zwischen sorgfältig bearbeiteten Zähnen der Kupplungshälften liegen. Diese Zähne sind an den voneinander abgewandten Enden dick, an den einander zugekehrten Enden dünn, wobei der Übergang durch kreisbogenförmige Flanken gebildet wird. Auf diese Flanken legen sich die Stäbe, von den Enden her beginnend, mit einem immer größeren Teil der Federlänge auf, wenn das zu übertragende Moment zunimmt. Als federnde Länge ist nur die freie Länge zwischen den inneren Anlagestellen zu betrachten. Durch diese Maßnahme verliert die Kupplung ihre Fähigkeit, harmonisch zu schwingen. Wird eine solche Schwingung an der einen Kupplungshälfte eingeleitet, so wirkt die Kupplung derart dämpfend, daß die Weiterleitung unter wesentlich veränderten Amplituden erfolgt.

Wesentliche Vorzüge der Kupplung sind ihre geringe Baulänge und ihre verhältnismäßig mühelose Aus- und Einschaltbarkeit. Nach Entfernen der Schutztrommel kann man die Schlangenfedern, die lediglich in die Zahnlücken eingeschoben und durch die übergeschobene Trommel am Herausfallen gehindert werden, leicht ein- oder ausbauen. Zwischen den Zahnlücken eingebrachtes Schmierfett läßt praktisch keine Abnutzung entstehen, selbst dann nicht, wenn die Mitten der beiden Kupplungshälften gegenseitig verlagert sind, und auch die Achsrichtungen der beiden Hälften nicht übereinstimmen.

RZ 436 Z 80-85

Abb. 80 bis **85.** Einzelteile der Falk-Bibby-Kupplung.

RZ 436 Z 79

Abb. 79. Falk-Bibby-Kupplung.

Die hier behandelte Dieselmaschinen-Versuchsanlage war ursprünglich mit starrer Kupplung zwischen den Kurbelwellen und den Ritzeln ausgestattet. Infolge der auftretenden Verdrehungsschwingungen war der Betrieb des Maschinensatzes unmöglich. Der Einbau der Falk-Bibby-Kupplungen, Abb. 86, hat aber allen Betriebschwierigkeiten ein Ende bereitet und läßt sogar den Lauf bei den kritischen Drehzahlen zu. In Abb. 86 sind bei den beiden Kupplungen des vorderen Wellenzuges die Schutztrommeln beiseite geschoben. Außerdem sind bei der rechten Kupplung die Schlangenfedern entfernt, wodurch diese Kupplung gelöst ist. Man sieht hier deutlich die Zahnkränze der beiden Kupplungsscheiben.

Die Falk Corporation hat für die Herstellung der Zahnflanken und der Schlangenfedern für die Bibby-Kupplung besondere Maschinen ausgebildet, deren genaue Arbeit die Herstellung sehr großer und zu voller Befriedigung laufender Kupplungen ermöglicht. Die größte Kupplung dieser Art, die 1924 in Betrieb war, übertrug für ein Luppenwalzwerk 16 000 PS bei 100 Uml./min. Es besteht die Absicht, noch wesentlich größere Kupplungen auszuführen.

Die gesamte Versuchsanlage, bestehend aus den vier Dieselmaschinen mit den Schwungrädern, Kupplungen, mit den Zahnradgetrieben, Plattformen, Steuerapparaten und Rohrleitungen innerhalb der Anlage, hatte nach genauen Wägungen während der Aufstellung ein Gesamtgewicht von 292 t, also bezogen auf die Nennleistung (2200 B.H.P.) 131 kg/PS. Die räumliche Ausdehnung der Maschinenanlage ist durch die Länge von 13,78 m, die Breite von 4,93 m und die Höhe von Mitte Welle bis zum obersten Punkt der Steuerung von 3,92 m gekennzeichnet. Zum Ausbau der Kolben ist, von Mitte Welle an gerechnet, eine Raumhöhe von 4,9 m erforderlich.

(Forts. folgt.) [B 436]

RZ 436 Z 86

Abb. 86. Dieselmaschinen-Versuchsanlage mit eingebauten Falk-Bibby-Kupplungen. Die Schutztrommeln sind beiseite geschoben. Bei der rechten Kupplung sind die Schlangenfedern entfernt.

Das Dampfkesselwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Von Friedrich Münzinger, Berlin.

Aussprache über den Vortrag in der Fachsitzung „Dampfkesselwesen" der 64. Hauptversammlung zu Augsburg am 10. Mai 1925.

Hr. ter Meer: Der Vortrag von Dr. Münzinger hat für Verfertiger wie für Verbraucher von Dampfkesseln außerordentlich wertvolle Fingerzeige gegeben, die hoffentlich, soweit sie für Deutschland anwendbar sind, auf fruchtbaren Boden fallen werden. Am meisten hat mich interessiert, was über die Untersuchungen des Speisewassers und über die Beziehungen des dortigen Speisewassers zu den Anfressungen an Kesseln gesagt worden ist. Es bringt eine neue Note in den auch in Deutschland seit einiger Zeit wogenden Streit über die Ursachen der Kesselanfressungen und Kesselrisse, die man an verschiedenen Stellen beobachtet hat.

Die Frage hat auch schon den Verein deutscher Ingenieure beschäftigt, und der Vorstand hat in seiner letzten Sitzung folgenden Beschluß gefaßt: „Der Vorstand des Vereines deutscher Ingenieure hat beschlossen, die Frage des Einflusses des Speisewassers auf das Verhalten der Kesselbaustoffe durch einen Ausschuß der beteiligten Kreise sowie durch Förderung der einschlägigen Untersuchungen weiter zu klären." Ich hoffe, daß dieser Beschluß auch dazu beitragen wird, unter Mitwirkung entsprechender Fachgenossen die Klärung zu bringen.

Hr. Steinmüller: Als Dr. Münzinger vor zwei Jahren auf der Hauptversammlung des Wasserrohrkesselverbandes in Wilhelmshöhe zum erstenmal etwas über das amerikanische Großdampfkesselwesen berichtete und wir erkannten, daß die Amerikaner in der Kriegs- und Nachkriegszeit im Bau von Dampfkesseln mit großer Kühnheit, in erster Linie aber auch wohl dank ihrer größeren Mittel, neue Konstruktionen geschaffen hatten, habe ich den Wunsch ausgesprochen, Dr. Münzinger möchte recht bald seine Studien amerikanischer Zeitschriften und Kataloge in Dampfkesselfabriken und Dampfbetrieben in Amerika nachprüfen. Ich freue mich, daß dieser Wunsch nunmehr in Erfüllung gegangen ist und die daran geknüpften Hoffnungen erfüllt hat.

Als Vorsitzender der Vereinigung der Deutschen Dampfkessel- und Apparateindustrie spreche ich Herrn Dr. Münzinger den Dank der deutschen Dampfkesselindustrie aus. Der Vortrag behandelt ohne Vorurteil und mit großer Sachkenntnis eine ganze Reihe von Gebieten, die uns angehen. Er hat uns wertvolle Aufklärungen und Anregungen aus Amerika mitgebracht, aus denen wir ebenso noch manches lernen können wie Amerika von uns.

Besonders wohl tut uns Kesselherstellern natürlich die Feststellung, daß Deutschland heute in der werkstättentechnischen Ausführung überlegen ist, wenn man zum Vergleich 3 bis 5 der besten Kesselfirmen beider Länder heranzieht.

Die brennendste Frage war für uns: „Ist es wahr, daß in Amerika die Kesselschäden, die wir in Deutschland nach dem Krieg in verstärktem Maße hatten, nicht auftreten?" Die Antwort lautete: „In Amerika sind Risse an den Nietnähten der Kesseltrommeln ebenso bekannt wie bei uns." Daß diese Antwort nicht nur den Kesselherstellern, sondern auch den Kesselbesitzern und Materialerzeugern wertvoll sein wird, brauche ich nicht näher zu betonen. Da aber in Amerika die Kriegs- und Nachkriegsverhältnisse, Mangel an Rohstoffen, Facharbeitern, Heizern usw., jedenfalls nicht in dem Maße wie in Deutschland mitgewirkt haben, so erlaubt dies den Rückschluß, daß andre, allgemein technische Einflüsse mitgespielt haben dürften. Auch in Amerika ist man mit dem Kesseldruck, den Kesselgrößen und spezifischen Leistungen während des Krieges in die Höhe gegangen.

Die Ausführungen über die amerikanischen Versicherungsgesellschaften sollten Anlaß bieten, den Nutzen der Dampfkesselversicherung auch bei uns nachzuprüfen. Besonders wichtig für die Kesselindustrie sind die amerikanischen Erfahrungen über den Einfluß von konzentrierten Laugen im Kessel. Schon in der Hauptversammlung der Vereinigung der Großkesselbesitzer, September 1924, in Kiel, habe ich darauf hingewiesen, daß dieser Frage ein erhöhtes Interesse zukomme, und dies an einem Beispiel erläutert.

Eine Begleiterscheinung von laugehaltigem oder schäumendem Wasser ist auch, daß sich Schaum in Wasserstandsreglern festsetzt, so daß sich die Schwimmer nicht mehr frei bewegen und der Regler beim Sinken des Wasserspiegels nicht in Tätigkeit tritt.

Der Vortrag wird uns veranlassen, den zahlreichen Anregungen nachzugehen und die Behauptungen der Amerikaner durch eigene Erfahrungen und wissenschaftliche Untersuchungen nachzuprüfen und weiter aufzuklären. In diesem Sinne begrüße ich dankbar den Beschluß des Vereines deutscher Ingenieure, sich dieser Forschungsarbeit anzunehmen. Er kann dabei unsrer Mitarbeit und finanziellen Unterstützung sicher sein.

Man müßte diese Arbeiten auch ausdehnen auf die Weiterverfolgung der von Prof. Eberle im Auftrage des Internationalen Verbandes der Dampfkesselüberwachungsvereine gemachten Untersuchungen über den Einfluß des Kesselsteins auf den Wärmedurchgang[1]) und deren Fortsetzung durch Dr.-Ing. Reutlinger[2]) und sie unter Kesseldruck und den dazu gehörigen Materialspannungen durchführen, wobei auch der Einfluß des Öls sowie von Lauge und Öl im Kesselwasser untersucht werden sollte. Das schlimmste Gift für den Kessel ist bekanntlich Öl.

Während man in Deutschland annimmt, daß Nietdrücke von mehr als 8 t/cm² dem Kesselblech schaden, haben sich die Amerikaner über diesen Punkt bisher weniger den Kopf zerbrochen. Vielleicht ist auch der Nietdruck bei den in Amerika üblichen härteren Blechen weniger wichtig. Der Wasserrohrkesselverband führt zurzeit eine Versuchsreihe mit härteren Blechen durch, so daß wir wohl auch in diesen Dingen in absehbarer Zeit klarer sehen werden.

Die vielen neuen Aufgaben, vor die uns die Entwicklung des Dampfkesselwesens namentlich zum Hochdruckdampf stellt, lassen sich nur von einer kapitalkräftigen Industrie lösen, die an ihren Erzeugnissen auch etwas verdienen muß. Wie schlecht es in dieser Hinsicht früher bestellt war, hat Dr. Münzinger bereits geschildert. Hier sollte auch bei den Abnehmern Einsicht in die wirtschaftlichen Notwendigkeiten unsres Industriezweiges Platz greifen; denn ohne die horizontale Zusammenfassung kann unsre Fertigindustrie die Schwierigkeiten nicht überwinden, vor die sie nach dem verlorenen Krieg gestellt ist. Dabei ist es selbstverständlich, daß ein Verband in den Preisen maßhalten und bestrebt sein muß, sie durch Vervollkommnung der Erzeugung zu ermäßigen.

Als Vertreter einer Firma, die 50 Jahre lang den Kammerkessel gebaut hat, stimme ich dem Vortragenden darin bei, daß auch in der Technik die Mode eine wesentliche Rolle spielt. Wir haben uns voriges Jahr an die größten amerikanischen Kesselfirmen gewandt und von ihnen gehört, daß dort erhebliche Mengen Wasserkammerkessel gebaut werden, sogar mit weit größeren Kammern als in Deutschland. Das weltbekannte Kraftwerk Lakeside, das zurzeit wohl den geringsten Wärmeverbrauch von allen amerikanischen Elektrizitätswerken hat, ist mit Wasserkammerkesseln mit 16 + 2 Rohren in der Höhe und 35 Rohren in der Breite versehen. So große Kammern werden in Deutschland nicht gebaut. An der eigentlichen Kammer, wie sie heute in Deutschland wohl allgemein ausgeführt wird, hat sich bisher kein einziger nennenswerter Schaden gezeigt. Aus denselben Gründen — Rissebildungen usw. —, aus denen die Entwicklung in Amerika dazu geführt hat, daß man die Sattelstücke bei Sektionalkesseln vermeidet und bei Kammerkesseln den Oberkessel quer legt, um die Kammerhälse zu vermeiden, legen auch wir bei Kesseln für höheren Druck die Oberkessel quer und stellen die Verbindung durch elastische, eingewalzte Rohre her. Kammerkessel und Sektionalkessel haben ihre Vorzüge. Für höhere Drücke werden wohl runde Bauteile und die einfachsten Bauarten, d. h. die Steilrohrkessel, das Feld erobern.

Hr. Petersen: Namens der Eisenindustrie danke ich Dr. Münzinger für seine wertvollen Mitteilungen. Der Anregung des Vereines deutscher Ingenieure schließen wir uns von der Eisenindustrie gerne an, vorbehaltlich der formalen Zustimmung nach Anhörung der zuständigen Kreise. Im übrigen glaube ich, wird man gut tun, den Vortrag nochmals still zu überdenken.

Wenn z. B. gesagt wird, daß die Amerikaner für die Verunreinigungen des Blechmaterials gewisse Höchstwerte einhalten, so sollte man zusetzen, daß die amerikanischen Abnahmevorschriften auch die Stellen angeben, wo die Proben zu entnehmen sind, nämlich normalerweise am Fußende des Bleches; das ist wichtig.

Hr. Hartmann, Hamburg: In Amerika werden, wie Dr. Münzinger sagt, selbst in guten Kesselfabriken die Nietlöcher in den Kesselblechen noch vielfach gestanzt und dann aufgebohrt und aufgerieben, sogar die Löcher für die Rohre und Rohrverschlüsse in den Böden der Wasserkammern; weiter wird dort mit 15 bis 25 t/cm² genietet, und die Außenkanten der Bleche werden vielfach stückweise gebördelt, ohne daß nachher ausgeglüht wird; und bei diesen „ruff and ready"-Kesseln treten eigentlich nur Risse auf, wenn sie mit alkalischem Wasser gespeist werden, während bei unseren mit viel größerer Sorgfalt hergestellten Kesseln die Schäden in schlechtem Material und schlechter Arbeit liegen sollen. Das gibt doch wirklich zu denken und bestätigt, was ich schon früher behauptet habe, daß 90 vH der Kesselschäden auf den Betrieb zurückzuführen sind. Der Kesselbetrieb scheint drüben mit mehr Umsicht gehandhabt zu werden; hier scheinen die praktischen Amerikaner einen Vorsprung zu haben, den wir nachholen müssen.

[1]) Z. d. bayr. R.-V. 1907 u. 1909.

[2]) „Über den Einfluß des Kesselsteins und ähnlicher wärmehemmender Ablagerungen auf Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit von Heizvorrichtungen." Diss. T. H. München; Berlin 1909.

In Hamburg haben wir schon viele Jahre Kessel bis zu 20 at in Betrieb, ohne daß Schäden, die auf mangelhaftem Material oder minderwertiger Kesselarbeit beruhen, festgestellt wurden. Die Zahl der Kessel mit 13 bis 20 at Betriebsdruck beträgt in Hamburg 2259. Je höher die Dampfspannung ist, desto vorsichtiger werden die Kessel behandelt, insbesondere sorgt man dafür, daß sie frei von Kesselstein und Öl sind und die übereinander liegenden dem Feuer ausgesetzten Bleche in geeigneter Weise geschützt werden. Zum Speisen der Höchstdruckkessel wird man nur ein kesselstein- und ölfreies Wasser benutzen können und die Verwendung von Soda auf das richtige Maß einschränken sowie mindestens alle übereinander liegenden Bleche schützen müssen.

Auf den Schiffen haben wir unter Formänderungen von Flammrohren der Kessel zu leiden gehabt, die in der Regel auf Ansammlung von Kesselstein und Fett auf den Flammrohren zurückzuführen waren. In einigen Fällen war die Ursache nicht festzustellen. Die Flammrohre und Kessel waren rein, festgestellt wurde, daß man während der Reise dem Kesselwasser Soda zugesetzt hatte. Den Kesselbesitzern wurde dringend gerraten, mit dem Zusatz von Soda vorsichtig zu sein, insbesondere nicht zu viel auf einmal zu verwenden, da anscheinend zu alkalisches Wasser, um mich praktisch auszudrücken, die stark beanspruchten Flammrohrwände nicht genügend kühlt.

Nunmehr wird das Kesselwasser mehreremal am Tage untersucht; ist es stark alkalisch, so schränkt man den Zusatz an Soda ein. Seitdem kommen unaufgeklärte Formänderungen an Flammrohren nicht mehr vor.

Daß die Amerikaner die Rißbildung in den Kesseln insbesondere auf stark alkalisches Wasser zurückführen, bestätigt diese Erfahrungen. Jedenfalls beeinflußt alkalisches oder durch Zusatz von Soda alkalisch gewordenes Speisewasser die Abgabe der Wärme an das Kesselwasser. Die Amerikaner bezeichnen als Ursache der Risse eine „kaustische Sprödigkeit" des Materials. Das scheint etwas gewagt und nicht genügend begründet. Die Sprödigkeit soll nur an Blechverbindungen auftreten, die — wenn auch nur schwach — von heißen Gasen berührt werden, sowohl an Blechen, die in chemischer und physikalischer Hinsicht völlig einwandfrei waren, als auch an nicht ganz tadellosen Blechen; die Risse sollen stets auf der dem Wasser abgewendeten Blechseite beginnen und niemals über die Laschen oder über die Überlappung hinausgehen. Das ist meines Erachtens ein Beweis dafür, daß die dem Feuer zugewendeten übereinander liegenden Bleche nicht genügend gekühlt werden. Liegen solche Bleche nun dreifach übereinander, wie z. B. bei der Verbindung der Wasserkammern mit den Oberkesseln, so treten Risse in dem dem Feuer ausgesetzten Blech um so leichter auf.

Alkalisches Kesselwasser begünstigt die Rißbildung stark. Vor etwa 14 Tagen hatten wir bei einem 11 Jahre alten Hochdruck-Wasserohrkessel an dieser Stelle Nietlochrisse festgestellt. Die Naht hatte geleckt und war verschweißt; es traten weitere leichte Undichtheiten auf. Nachdem einige Niete entfernt waren, zeigten sich in dem dem Feuer ausgesetzten Blech verschiedene leichte Anrisse, im Mantel wenige und in dem innersten Verstärkungsring keine. Die Gefahr der Rißbildung ist um so geringer, je besser die Bleche aufeinander liegen.

In Amerika soll man besonders schlechte Erfahrungen mit überlappten Nähten gemacht haben. Wir haben in Hamburg etwa 160 Wasserrohrkessel mit überlappt genieteten Untertrommeln, an denen bis jetzt nichts vorgekommen ist. Allerdings wird die Naht vom Feuer nicht berührt, das Blech hat eine Festigkeit von **34 bis 41 kg/mm²**.

Hr. Quack, Bitterfeld: Der Kern der Mitteilungen des Vortrages über die Ansichten der Amerikaner zu den Rissen in Kesselblechen dürfte sein: In Amerika glauben alle Materialhersteller, Kesselerbauer, Kesselbesitzer, Wissenschaftler und Versicherungsinspektoren, mit denen der Vortragende gesprochen hat, Risse in Nietnähten rühren in der Hauptsache von alkalischem Speisewasser her, das sich in Ätznatron aufspaltet und selbst vorzügliches zähes Kesselblech spröde macht.

Das scheint aber nicht die allgemein gültige Ansicht über Ursachen der Nietlochrisse in Amerika zu sein. Nach den uns vorliegenden Nachrichten sehen die weitaus meisten amerikanischen Fachgenossen schon seit Jahren die Ursachen solcher Risse vor allem in zu niedrigem Kohlenstoffgehalt der Kesselbleche oder in Verunreinigungen des Eisens, und die Kesselhersteller halten an weicheren Blechen fest, weil sie sich bequemer in der Werkstatt verformen lassen.

Daneben glaubt man, daß überall da, wo Risse im Kesselblech auftreten, durch vorhergegangene Kaltreckung über die Streckgrenze hinaus Reckspannungen im Blech, namentlich im Innern der Nietverbindungen, erzeugt worden sind, die sich in feinen Haarrissen auslösen (internal strains resulting from mechanical or thermal treatment").

Schon am 27. April 1920 stand in der Zeitschrift „Power" ein Aufsatz: Why blame Caustic Soda for Boiler Plate Cracks? Darin wurde gesagt, daß schon im Journal of the Iron and Steel Institute 1917 innere Reckspannungen als Ursache der Nietlochrisse festgestellt seien. Nietlochrisse seien nicht nur unter der Wasserlinie, sondern auch im Dampfraum entstanden, und in den meisten Fällen habe man weder an diesen Stellen eine Undichtheit der Nietnaht noch Spuren von Konzentrationen zwischen den Blechen gefunden.

Selbst bei dem Versuch von Parr mit 200 °C und einer Konzentration von Natronlauge, die vielleicht einmal bei schlechter Wasserbehandlung im Kessel erreicht werden könnte, haben sich die physikalischen Eigenschaften des Bleches nicht verändert. Biegeprobe und Kerbschlagprobe gaben nach dem Versuch dieselben Werte wie vorher.

In einem anderen amerikanischen Aufsatze heißt es: „Die Zerstörung des Materials in einigen Ätznatron-Verdampfanlagen chemischer Fabriken hat die Ansicht geweckt, Nietlochrisse hätten Einwirkung von Natronlauge als ausschließliche und notwendige Voraussetzung und Ausdrücke wie „corrosion cracking" und „caustic embrittlement" sind allgemein gebräuchlich geworden. Wo aber Sprödigkeit und Risse in Nietnähten auftreten, sind stets innere Reckspannungen am Werk, die durch Kaltbearbeitung oder falsche Wärmebehandlung des Materials verschuldet worden sind. Deshalb, so heißt es in diesem amerikanischen Aufsatz aus dem Jahre 1924, ist der Gebrauch des Ausdruckes „corrosion cracking" oder „caustic embrittlement" nicht gerechtfertigt und sollte verlassen werden, sonst wird die Aufmerksamkeit von der eigentlichen, zu Grunde liegenden Ursache der Risse abgelenkt, und falsche Vorstellungen bilden sich von den im Innern des Materials wirkenden Vorgängen.

Zwei bedeutende Physiker, Rosenhain und Hanson, erklärten in einer Versammlung des Iron and Steel Institute: „Es ist schwer, die Spannungen, die in eingebauten Kesselblechen vorhanden sind, zu messen. Die Blechplatten sind vor ihrer Verarbeitung wahrscheinlich frei von inneren Spannungen; selbst solche innere Spannungen, die beim Rollen der Platten entstehen, kann man kaum für Schäden verantwortlich machen. Aber bei der Arbeit in der Kesselschmiede werden Arbeiten ausgeführt, welche sehr wohl ganz erhebliche Spannungen in das Material hineinbringen können; wenn die Bleche beim Nieten nicht genau übereinander passen, werden sie durch Dorne hingezwängt und durch die Nieten in dieser Spannung erhalten. Auch besonders das Nieten selbst erzeugt in unmittelbarer Nähe der Nietlöcher beträchtliche innere Spannungen im Material, zumal wenn der Nietdruck zu hoch ist."

1921 wurde in einer Sitzung der Faraday-Society gesagt, die Folgen zu hohen Nietdruckes seien zu wenig bekannt; daß sie die Hauptursache der Risse seien, bewiesen die tiefen Eindrücke im Material unter den Nietköpfen, zumeist bei solchen Nietnähten, die Risse haben. Auch Mr. Rogers, American Locomotive Co., hat 1922 in der Jahresversammlung der Vereinigung der Kesselschmiede Vorschläge für die Begrenzung des Nietdruckes gemacht; sie sei notwendig, da die Quetschung der Bleche bei zu hohem Nietdruck den Blechrand aufbiege und unzulässige Stemmarbeit bedinge.

Alle diese Forscher stimmen also darin überein, daß mit dem Ausdruck „caustic embrittlement" in Amerika ein Mißbrauch getrieben werde. Wie weit dieser geht, zeigt folgender Fall: Die in Abb. 40 wiedergegebene Explosion im Jahre 1919 wurde auf „caustic embrittlement" zurückgeführt, während sie in Wirklichkeit, ebenso wie ähnliche bei uns, durch die scharfe Bodenkrempe verursacht wurde. Weil man im Innern des Bodens einen weißen Kesselsteinbelag gefunden hatte, mußte die Explosion eine Wirkung der Natronlauge sein. Dabei hat man sich nicht einmal die Mühe gemacht, den Kesselstein auf Ätznatron zu untersuchen.

Die Vereinigung der Großkesselbesitzer hat in zwei neueren Fällen, wo Kesselböden explodiert sind oder infolge von Rissen dicht vor der Explosion standen, durch Untersuchung des Wassers

RZ 584 Z1

Abb. 40. Explodierter Kessel in Canada (Amerika).

festgestellt, daß Bildung von Ätznatron im Kesselwasser durch keine chemische Reaktion möglich war.

Diese ergänzenden Mitteilungen über die Ansichten der Amerikaner glaubte ich machen zu müssen, damit man nicht denkt, es herrsche drüben nur eine Ansicht über die Ursache der Nietlochrisse, und damit das Schlagwort „Natronlauge" nicht auch in Deutschland Verwirrung anrichtet und dadurch die Betriebsicherheit schädigt, die dank der sorgsameren Kesselschmiedearbeit bei uns höher als in Amerika ist.

Die Arbeiten von Parr, Bull. 94, Unversity of Illinois 1917, Williams und Homerberg im Auftrage von Babcock-Wilcox 1923 und von H. J. Kerr auf Grund von Erfahrungen der Babcock & Wilcox Co., niedergelegt im Bericht an den Unterausschuß des Boiler Code Committee der American Society of Mechanical Engineers, gehen von Forschungen deutscher Gelehrter und Arbeiten deutscher Eisenhüttenleute aus, beschäftigen sich aber hauptsächlich mit Kesselschäden im Bezirk Illinois und einem anderen kleinen Bezirk in Nordamerika. Dort geben Brunnen ein alkalisches Wasser, das viel Natriumkarbonat, aber keine Sulfathärte enthält, also die Soda zum Enthärten gleich in großer Menge mitführt. Kesselstein entsteht dabei nicht. Für die Heizer bedeutet dies eine große Annehmlichkeit; sie blasen den Kessel wahrscheinlich erst ab, wenn er spuckt, d. h. wenn die Natronlauge im Kessel eine gefährliche Konzentration erreicht hat. Da die Kesselbleche hierbei angegriffen werden, hat man den Besitzern geraten, dem Brunnenwasser Magnesiumsulfat beizumischen und die Konzentration mit Natronlauge unter einer gewissen Grenze zu halten.

Das also ist das Gegenmittel, von dem in der etwas geheimnisvollen Notiz der V. d. I.-Zeitschrift, Bd. 69 (1925) S. 166 die Rede war. Nun sagt Herr Dr. Münzinger, auch in Deutschland träten Nietlochrisse in bestimmten Bezirken auf, in denen bestimmte Wasserverhältnisse sind. Ich möchte wünschen, es wären bei uns nur bestimmte vereinzelte Bezirke, wo Nietlochrisse auftreten, aber leider haben wir sie überall in allen Gegenden Deutschlands; selbst in Hamburg. Dabei haben wir in Deutschland keinen Bezirk mit solchem Grundwasser ohne Sulfathärte, wie in Illinois. Die deutschen Wasser, die zum Kesselspeisen benutzt werden, haben alle Sulfathärte, und soviel ich weiß, gibt es nur im Taunus eine kleine Stelle, die ein alkalisches Mineralwasser ohne Sulfathärte hat.

Die deutschen Wässer enthalten Bikarbonate, Chloride, Nitrate und Sulfate, gebunden an Kalk und Magnesia, und unterscheiden sich darin erheblich von dem Illinoiswasser. Auch bei uns wird das Wasser im Kessel durch den Sodazusatz alkalisch, aber natürlich nicht in der Konzentration, die in Illinois die Regel bildete.

Nach bisherigen deutschen Forschungen greifen die erwähnten Bikarbonate, Chloride, Nitrate und Sulfate alle das Eisen an, so daß es an der Oberfläche verrostet. Bei stark verdünnter Salzlösung wirken sie zunächst nur in geringem Maße. Mit steigendem Salzgehalt steigt der Angriff. Bei einer kritischen Konzentration ist der Angriff am stärksten. Bei weiterer Zunahme der Konzentration nimmt der Angriff sehr rasch ab, und er verschwindet bei der sogenannten Schwellenkonzentration. Bei höherer Temperatur ist die kritische Konzentration niedriger, ebenso bei höherem Druck. Ähnlich verhalten sich auch Soda oder Ätznatron. Die angreifende Wirkung der Salze wird vermindert, wenn das Wasser genügenden Ätznatron- oder Sodaüberschuß enthält.

Daher hält man in deutschen Kesselbetrieben eine Mindestalkalinität von 0,4 g Natronlauge auf 1 l ein, die in der Hauptsache aus der zugesetzten Soda durch den Druck im Kessel entsteht.

Abb. 41. Versuchseinrichtung von Williams und Homerberg.
a Probestab *b* Glasgefäß
c Glasgefäß *d* Steigrohr
e Steigrohr.

Auf ein bestimmtes Verhältnis zwischen Alkalinität und Gehalt an gelösten Salzen hat man bisher, weil wir Sulfathärte im Wasser haben, nicht geachtet. Nur soll zur Verhütung des Spukkens der Gesamtgehalt an gelösten Salzen etwa 20 bis 30 g/l (2 bis 3 ° Bé) nicht überschreiten.

Im Illinois-Bezirk fehlt aber die Sulfathärte, und Parr hat gefunden, daß Ätznatron bei Abwesenheit von Sulfaten stärker angreift. Dabei scheint mit steigendem Druck eine größere Menge von Sulfat erforderlich zu sein. Für Deutschland liegt vorläufig kein Grund vor, den für alkalisches Grundwasser ohne Sulfathärte gültigen Vorschlag, ein bestimmtes Verhältnis zwischen alkalischer Reaktion und gelösten Salzen einzuhalten, zur Verhütung von Nietlochrissen im Kesselbetrieb anzuwenden.

Sollte sich trotzdem jemand bei uns danach richten wollen, so darf er nicht vergessen, das unser deutsches Wasser kein Illinois-Wasser ist. Wenn z. B. die Karbonathärte im Rohwasser stark überwiegt, so zwingt das angegebene Verhältnis unter Umständen zu ungenügendem Enthärtungszusatz, so daß Kesselstein entsteht. Setzt man aber genügend Enthärtungsmittel zu, so muß man dem Wasser auch künstlich mehr Sulfathärte geben.

Mit Rücksicht auf deutsche Wasserverhältnisse würde man nicht Magnesiumsulfat, sondern Natriumsulfat zusetzen; denn Magnesiumsulfat würde im Gegensatz zum Natriumsulfat einen Teil der künstlich erzeugten Enthärtungsalkalinität wieder fortnehmen.

Vor allen Dingen soll man aber nicht glauben, daß das Blech keine Risse mehr bekäme, wenn die Kesselschmiede es mit den Vorschlaghämmern bei Blauwärme formen oder unter Pressen mit 20 t/cm² nieten würde.

Die Versuche von Williams und Homerberg wurden bereits in der Zeitschrift „Power", vom 25. April 1924, veröffentlicht. Sie waren recht beachtenswert, und einige Mitglieder unserer Vereinigung haben sie damals sofort unter den Betriebsverhältnissen im Kessel nachgeprüft, aber nicht die gleichen Ergebnisse gefunden. Das hatte seinen Grund darin, daß die Verhältnisse der amerikanischen Versuche ebensowenig den Betriebsverhältnissen im Kessel, wie das Illinois-Wasser dem deutschen Kesselwasser entsprachen. In der Versuchseinrichtung, Abb. 41, erzeugt eine Batterie künstlich Strom von einer Stärke, die im Kessel nicht auftritt. Ob Kesselwasser mit 40 g/l Ätznatron bei uns vorkommen kann, weiß ich nicht. Daß unter solchen Versuchsbedingungen durch Elektrolyse Wasserstoff entsteht und durch den eingespannten Probestab diffundiert, ist nichts Neues. kommt aber in dieser Form im Kessel nicht vor.

Bei der zweiten Versuchsreihe wurden Probestäbe in Ätznatronlauge von verschiedener Konzentration gekocht. Die Konzentration war nicht hoch und ist im Kesselbetriebe möglich. Anstatt aber zu diesen Versuchen normales Kesselblech zu nehmen, wurden Probestäbe aus verunreinigtem Stahl, den man in Kesseln nie einbauen würde, genommen; teilweise wurde zu diesem Zwecke ein Material mit künstlichen Sulfid- und Oxydeinschlüssen hergestellt, die etwa fünfzig- bis siebzigmal so groß sind wie die Verunreinigungen in normalem amerikanischen Kesselblech.

In der Schlußfolgerung werden von Williams und Homerberg, die diese Versuche auf Veranlassung von Babcock & Wilcox ausführten, folgende anfechtbare Sätze aufgestellt:

1. „Beim Erstarren des Flußeisens werden die Unreinigkeiten wie Schwefel usw. an die Korngrenzen getrieben."

2. „Bei der Beanspruchung des Materials auf Zug durch den Dampfdruck bilden sich Kapillaren zwischen den Kristallen, in die Natronlauge eintreten kann."

Ein Material, in dem sich solche Kapillaren bilden, würde unsere Zerreißprobe nicht bestehen. Es käme also garnicht in den Kessel hinein!

3. „Die interkristalline Form der Risse beweist die Einwirkung des Ätznatrons." Auch das ist ein Irrtum. Selbst in Amerika hat man als Gegenbeweis gegen diese Behauptung Schliffbilder, veröffentlicht, welche zeigen, daß die Nietlochrisse ebenso wie andere interkristalline Risse aussehen, die als Ermüdungsbrüche infolge innerer Spannungen entstanden sind.

4. „Die Nietlochrisse treten nur unter den Wasserlinie auf." Wir wissen aus vielen Fällen in Deutschland, daß das nicht zutrifft. Nietlochrisse treten auch im Dampfraum auf.

Die Versuche beweisen also nicht, daß gutes Flußeisen-Kesselblech durch eine Ätznatronlösung von der höchsten in deutschen Kesseln möglichen Konzentration spröde wird.

Ähnlich verhält es sich mit den Ursachen der vielen im Bericht von Kerr mitgeteilten Kesselexplosionen. In fast allen Fällen wurden die Kessel mit dem merkwürdigen Illinois-Wasser oder mit ähnlichem, mit unseren Verhältnissen nicht vergleichbarem Wasser gespeist.

Die Frage, die wir auch in Deutschland zu prüfen unternommen haben, lautet: Ist Natronlauge in Kesselwasser harmlos oder nicht? In hochkonzentrierter Lösung ist sie sicher nicht harmlos.

Unsere chemischen Betriebe, die Natronlauge bis zu 50 vH eindampfen, führen schon lange Kampf gegen die zerstörenden Wirkungen hochkonzentrierter Ätznatronlauge. Um zu prüfen, bei welcher Konzentration Ätznatronlauge das Eisen zerstört und welcher Art ihre Einwirkung auf Kesselblech ist, haben wir ein Blechstück aus dem Zylinder eines Ätznatron-Eindampfers, Abb. 42, geprüft, worin viele Jahre lang Natronlauge bis zu 50 vH Konzentration eingedampft worden war. Die Einwirkung zeigt sich in einer korrodierenden Auflösung der Oberfläche des Eisens. Probestäbe aus unberührten und angegriffenen Stellen des Zylinders zeigten unveränderte Festigkeitseigenschaften und ausrei-

chende Kerbzähigkeit. Das Material ist also nicht brüchig geworden. Die Temperatur in diesem Vakuum-Verdampfer beträgt etwa 80 °C.

Den Angriff der Natronlauge bei höherer Temperatur und bei verschiedenen Zugbeanspruchungen haben wir an einem Probekörper geprüft, der aus gewöhnlichem Kesselblech in der Form einer Schelle geschnitten und mit einer Schraube zusammengezogen, d. h. soweit gespannt wurde, bis im Scheitel die Streckgrenze überschritten war. Der Probekörper wurde in einem Autoklaven unter 10 at 12 Stunden lang bei 180 °C in Ätznatronlauge von 10 vH gekocht. Da in dem Probekörper alle Spannungen von 0 bis über die Streckgrenze auftraten, so wurden selbst kaltgereckte Stellen der Wirkung der Lauge ausgesetzt. Die Untersuchung des Gefüges vor und nach dem Versuch ergab keine Veränderung oder interkristalline Rißbildung.

Dann wurde die Konzentration der Lauge auf 50 vH erhöht. Nach 12 stündigem Kochen bei 10 at und 180 °C zeigte sich ein complexiver Angriff der Natronlauge; an der Oberfläche bildete sich eine graue Schicht von Fe_3O_4 (Eisenoxyduloxyd), einem Oxyd, das in dem fraglichen Temperatur- und Druckgebiet stabil ist. Aber auch diesmal waren keine Veränderungen des Gefüges und keine Spuren von Haarrissen zu erkennen.

Diese Ergebnisse stehen mit den Versuchsergebnissen von Williams und Homerberg nicht im Widerspruch; denn die Amerikaner haben ihre Versuche an Eisen mit starken Einschlüssen von Eisensulfid und Eisenoxyd angestellt, das zum Kesselbau nicht verwendet werden darf.

Daß Ätznatronlauge auf gutes Kesselblech hauptsächlich durch Auflösung der Oberfläche wirkt, bestätigte auch eine Untersuchung, die unsere Vereinigung vor einigen Monaten an dem Flammrohrkessel eines unsrer Mitglieder veranlaßt hat. In einer chemischen Fabrik, deren Speisewasser hauptsächlich Kondensat aus der Ätznatron-Eindampferei ist und sich infolge von Undichtheiten mit Ätznatron anreichert, zeigten sich an einer Rundnaht des Kessels Nietlochrisse. Um die Ursache festzustellen, haben wir ein Stück aus dem Mantel an das Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem geschickt.

Hier wurde folgendes festgestellt: Die Nietlochrisse zeigten sich oberhalb und unterhalb der Wasserlinie, im vollen Blech waren keine Risse. An der Stelle, wo die Risse aufgetreten waren, hatte man 2 Kesselschüsse zusammengenietet, die im Durchmesser nicht zusammengepaßt hatten. Der zweite Schuß war mit Gewalt beigerichtet und wurde durch die Nietung festgehalten. Tiefwirkende Stemmarbeiten hatten angewandt werden müssen, um den Kessel dicht zu machen. Die Risse verliefen zickzackartig an den Korngrenzen. Sie waren dort am stärksten, wo das Material am meisten mißhandelt worden war, und waren in dem Blech mit geringerem Kohlenstoffgehalt stärker, als in dem Blech mit höherem Kohlenstoffgehalt.

Außerdem zeigte die wasserberührte Innenfläche der Bleche eine graue Zersetzungsschicht. Diese Oberflächenzersetzung ist zweifellos der abrostenden Wirkung der Ätznatronlösung im hochalkalischen Speisewasser zuzuschreiben, Abb. 43. Bemerkenswert ist aber, daß weder die Schliffätzung noch auch die Kerbschlagproben Veränderungen der Festigkeitseigenschaften des Blechinnern durch die Natronlauge zeigten. Jedenfalls kann von „caustic embrittlement" in diesem Falle keine Rede sein. Wir haben es vielmehr bei diesen Nietlochrissen wieder mit den durch deutsche Forscher unzähligemal nachgewiesenen Auswirkungen von inneren Reckspannungen durch Kaltbehandlung zu tun, deren Folgen Altern und Abnahme der Kerbzähigkeit sind.

Das Gesamtbild nach dem heutigen Stande der Forschung ist also:

1. Voraussetzung für die gefährliche Sprödigkeit und damit für Risse in Nietnähten ist Kaltbearbeitung des ursprünglich zähen Flußeisens bei der Herstellung des Kessels und nachfolgendes Altern bei der Erwärmung im Betriebe. Diese Ansicht vertreten ebenso amerikanische wie deutsche Fachleute.

2. Die zahllosen Nietlochrisse in amerikanischen Kesseln finden in der geschilderten vielfach unsachgemäßen Behandlung des Materials in den Kesselschmieden genügende Erklärung.

3. Die Versuche von Williams und Homerberg könnten diese Hauptursache der Sprödigkeit kaltbearbeiteter Bleche verschleiern.

4. Durch Kaltbearbeitung spröde gewordenes Kesselblech kann aus verschiedenen Gründen rissig werden; hauptsächlich durch das Arbeiten des Materials im Betriebe, ob auch durch Konzentration von Laugen zwischen den Blechen in den Nietnähten, ist noch nicht genügend erforscht.

5. Bestätigt sich aber diese Befürchtung, so hilft selbst Herabsetzung des Nietdruckes nicht, sondern man muß grundsätzlich vor der Anwendung von Nietverbindungen bei Kesseln für höheren Druck warnen. Statt genieteter Trommeln dürften nur geschweißte oder geschmiedete nach Fertigstellung ausgeglühte Trommeln verwendet werden. Verstemmen der Nietnähte von innen bietet dann auch keinen genügenden Schutz, denn das Verstemmen ist wieder ein Quetschen des Materials und kann das Eindringen von Kesselwasser zwischen zusammengenietete Bleche kaum verhindern.

Abb. 42. Oberflächenangriff von Ätznatronlauge auf Flußeisenblech.

Solange aber die Befürchtung wegen des Angriffs von Laugen auf reines, gesundes und zähes Flußeisenblech noch nicht bestätigt ist, sollten alle am Bau und Betrieb von Dampfkesseln Beteiligten auf dem von deutschen Forschern vorgezeichneten Wege weiter gehen, d. h. dafür sorgen, daß den Kesselschmieden nur gutes nicht verunreinigtes und sachgemäß geglühtes Blech geliefert wird, und daß nicht zu hoher Nietdruck und falsche Wärmebehandlung oder andre schädliche Arbeit beim Zusammenbau der Kessel das Material verschlechtern.

Dann werden die ersten Ursachen der gefährlichen Sprödigkeit und damit die Vorbedingungen für Nietlochrisse vermieden. Wenn dann auch der Betrieb für den richtigen Wasserstand im Kessel und reine Heizflächen sorgt, so können wir in Deutschland abwarten, was Forschung und Betriebserfahrung an neuen Erkenntnissen bringen werden.

Denn es wäre Vermessenheit zu behaupten, daß wir heute die Vorgänge im Kessel bei hohen Wassertemperaturen und hohen Dampfdrücken vollkommen beherrschen. Wir stehen vor unerforschtem Neuland. Heyn und Bauer haben uns und auch den Amerikanern Fingerzeige gegeben, in welcher Richtung die Forschung auf diesem Gebiete weitergehen soll. Die Vereinigung der Großkesselbesitzer arbeitet schon seit längerer Zeit in einem Ausschuß an diesen Fragen und ist entschlossen, gestützt auf die hinter ihr stehenden zahlreichen Großbetriebe, für diese Forschungsarbeit namhafte Mittel bereit zu halten. Wir hoffen, in unserer Hauptversammlung am 12. September 1925 in Darmstadt Ergebnisse dieser Arbeiten bekanntgeben zu können.

Abb. 43. Zersetzungserscheinungen an der Oberfläche von Kesselblech infolge Einwirkung von Ätznatronlauge.

Herr Baumann: Als einer derjenigen, der in letzter Zeit am meisten über Kesselschäden berichtet hat, halte ich mich für verpflichtet, das folgende auszuführen.

Zu der Notiz über Nietlochrisse in Wasserrohr-Dampfkesseln, die der Vortragende in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure Bd. 69 (1925) S. 166 veröffentlicht hat, habe ich in den letzten Tagen aus Amerika u. a. folgende Mitteilungen erhalten:

„Die Notiz enthält drei Sätze, die nicht stimmen:

1. daß hierbei das Speisewasser eine erhebliche Rolle gespielt hat,
2. daß es hervorragenden Anteil an solchen Schäden hat,
3. ähnlich wie in Deutschland sind die Risse in Amerika fast nur in ganz bestimmten Landesteilen mit ganz bestimmter Wasserzusammensetzung und -reinigung aufgetreten.

Ich glaube, daß Dr. Münzinger diese Mitteilungen erhalten hat, aber er hat zweifellos keine Beweise für ihre Richtigkeit erhalten. Es ist mir ganz neu, daß in Deutschland die Risse in den Blechen nur in ganz bestimmten Gegenden auftreten.

Die Ansichten, die Dr. Münzinger vorgetragen hat, wurden also in Amerika nicht allgemein geteilt, und es war sehr richtig, daß er betont hat, er wolle diese Ansichten lückenlos wiedergeben, auch dann, wenn sie etwas gewagt oder unbegründet scheinen. Mir selbst ist auch nicht bekannt, daß die Risse in Deutschland nur an ganz bestimmten Stellen auftreten.

Was Vielen an diesen Ansichten neu erscheint, ist der Einfluß von Natronlauge auf die Rißbildung, das sogenannte „caustic embrittlement". Schon 1914 habe ich in Chemnitz im Internationalen Verband der Dampfkessel-Überwachungsvereine, dessen Protokolle im Buchhandel zu haben sind, ausführlich über die Rißbildung infolge von Lauge berichtet, und der Verband hatte die Materialprüfungsanstalt Stuttgart mit Versuchen in dieser Richtung beauftragt, die wegen des Krieges nicht durchgeführt wurden. Aber, und das ist die Hauptsache, was ich im Jahre 1914 vorgetragen habe, genügt vollständig, um zu erkennen, worauf es bei solcher Rißbildung ankommt. Insbesondere ist eine gewisse Konzentration erforderlich, und dann treten die Risse nur dort auf, wo das Material durch Kaltbearbeitung gelitten hat.

Außer der Natronlauge gibt es noch eine ganze Anzahl anderer Stoffe, die ganz ähnliche Rißbilder liefern, und außer dem Eisen zeigen mehrere andere Metalle dieselben kennzeichnenden Bruchererscheinungen. So habe ich 1914 diese Erscheinung mit den bekannten Rißbildungen in kaltgezogenem Messing und in Glas verglichen. Auch Aluminium und Blei gehören hierher. In neuester Zeit haben sich hervorragende englische Forscher in ganz gleicher Weise mit der Rißbildung in flußeisernen Kesselblechen beschäftigt. Obgleich Laugenkocher zwar nicht selten zerstört werden, sind viele Kocher betrieben worden, ohne daß solche Rißbildungen auftraten; das zeigt, daß selbst konzentrierte Natronlauge in Kesseln nicht immer zu Rißbildung führen muß. Aufsehen erregt auch die Mitteilung über das Auftreten von Wasserstoff. Das ist ein Schlagwort, das manchem die ganze Frage zu klären scheint. Schon im Juni 1914 hatte die englische Zeitschrift „Vulcan" diese Hypothese des „caustic embrittlement" aufgestellt, aber sie fördert, wie ruhige Überlegung zeigt, die vorliegende Frage in keiner Weise; Wasserstoff gelangt auch sonst an die Kesselbleche.

Das Vorstehende beweist, daß die Erscheinungen, worüber heute hier berichtet wurde, in Deutschland ausreichend bekannt waren. Obgleich ich die eigenartigen Rißbildungen an Laugenkesseln aus eigenen Untersuchungen kenne und dauernd verfolgt habe, bin ich noch nicht überzeugt, daß Lauge und Wasserstoff die primäre Ursache sind, durch deren Beseitigung die Gefahr von Rißbildungen vermieden wird; vielmehr glaube ich, daß es die inneren Spannungen sind, die beseitigt werden müssen.

In neuester Zeit beginnt das Ausland diese Auffassung zu teilen. Wichtig ist, daß Sprödigkeit des Kesselbleches auch ohne Lauge durch Zusammenwirken von Kaltbearbeitung und Erwärmung hervorgerufen werden kann. Zum erstenmal hat darüber Dr. Bach gelegentlich der Versuche der Materialprüfungsanstalt Stuttgart über die Wirkung der Kesselhammerhiebe schon 1912, berichtet, und seither sind diese Beobachtungen von vielen Seiten bestätigt worden. Erst vor einigen Tagen haben wir ein Blech untersucht, das unter einer Lasche Risse hatte. Es war spröde im Gebiet der Nietnaht, zäh auch unterhalb der Lasche, außerhalb der Nietnaht. Träfe die Laugehypothese zu, so müßte es unter der ganzen Lasche spröde geworden sein, weil dort überall die offengestanden, noch nicht bewiesene Anwesenheit konzentrierter Lauge gewirkt haben müßte.

Unsre umfangreichen Arbeiten haben deshalb die Materialbehandlung vorangestellt, und seit über einem Jahrzehnt die Spannungen verfolgt, die durch die Nieten und die Nietarbeit verursacht werden. Durch die Arbeiten, die seit einem Vierteljahrhundert in der Materialprüfungsanstalt Stuttgart entstanden sind, zieht sich ferner wie ein roter Faden das Bestreben, solche Spannungen zu vermeiden, die im Kesselbetrieb durch ungleiche Wärmeverteilung, durch Öl, Kesselstein, Dampfbelag, Anstrich innen und heißes Mauerwerk außen, durch zu rasche Abkühlung, durch Einspeisen von kaltem Wasser entstehen, dafür zu sorgen, daß die Eigenschaften der Bleche bei den in Betracht kommenden Temperaturen nicht ungünstiger sind, als dem Stande der Eisenhüttentechnik entspricht, und dazu beizutragen, daß die Bleche bei der Verarbeitung soweit wie möglich geschont werden.

Die Erkenntnisse, die wir erlangt haben, haben dank der Einsicht der Beteiligten unter dem Druck der Verhältnisse dazu geführt, daß seit einer Reihe von Jahren in den deutschen Kesselfabriken eine tiefgehende Wandlung eingesetzt hat, sie arbeiten heute mit solcher Sorgfalt, daß wir getrost sagen können, der deutsche Kesselbau sei in seinen Arbeitsverfahren dem Ausland weit überlegen. Daß dies ein segensreicher Fortschritt ist, zeigt sich daraus, daß man, insbesondere in Amerika, erst in der letzten Zeit das Verhalten der Bleche bei höherer Temperatur genauer beachtet, im Begriff steht, die Schädigung der Bleche beim Nieten zu erkennen und zu berücksichtigen.

Daß der neue „boiler code" keine Vorschrift über die Höhe des Nietdrucks enthält, ist mir bekannt; es war ursprünglich geplant, einen sehr hohen Nietdruck zuzulassen. Man hat aber die Vorschrift gestrichen im Hinblick auf unser Forschungsheft 252, das seither ins Englische übersetzt worden ist. Natürlich glauben auch manche amerikanische Kesselbauer, mit 8 t/cm² Nietdruck nicht auskommen zu können; gibt es doch auch in Deutschland immer noch Anhänger höherer Nietdrücke. Ich rechne es daher Dir. Loch als Verdienst hoch an, bewiesen zu haben, daß sorgfältige Arbeit niedrige Nietdrücke ermöglicht und dem ganzen Kessel zugutekommt, darauf müssen wir um so größeren Wert legen, je höher Drücke, Temperaturen und Beanspruchungen der Kessel steigen.

Risse an Wasserkammerhälsen lassen sich durch Wärmespannungen ausreichend erklären. Lauge oder „caustic embrittlement" brauchen wir dazu nicht.

Gegenüber den deutschen Arbeiten hat somit der Vortrag aus Amerika keine neuen Erkenntnisse mitgebracht. Die deutsche Forschung gibt dem deutschen Kesselbau sogar einen Vorsprung von über einem Jahrzehnt. Tragen wir alle dazu bei, daß dieser Vorsprung erhalten bleibt, indem wir verständnisvoll zusammenarbeiten.

Hr. Klein: Als im Februar d. J. in der VDI-Zeitschrift in Aussicht gestellt wurde, daß in der Hauptversammlung über die amerikanische Auffassung der Ursache von Rißbildungen in Kesselwandungen und über die Möglichkeit der Vermeidung solcher Schäden durch richtige Behandlung des Speisewassers und Änderung der Nietverbindungen gesprochen werde, war dies für Kesselbesitzer und Kesselüberwacher von höchstem Interesse, obgleich man der Auffassung sein konnte, daß raschere Aufklärung hierüber für die Industrie außerordentlich wichtig gewesen wäre.

Wir haben nun erfahren, daß in Amerika zahlreiche Risse an Nietnähten aufgetreten sind; bei Untersuchung des Speisewassers hat man gefunden, daß es entweder natürliches alkalisches Wasser war, oder daß infolge des Reinigungsverfahrens Anreicherung seiner Alkalität stattgefunden hatte. Ein Einfluß der Natronlauge auf das volle Blech konnte nicht festgestellt werden, wohl aber die Schädigung der übereinanderliegenden Blechlagen in Nietverbindungen.

Als Abhilfe wird empfohlen Vermeidung übermäßiger Alkalität im Kesselwasser, Verstemmen der Blechkanten im Wasserraum und Nichtanwendung überlappter Nietung.

Die Anstände, die alkalische Speisewasser z. B. durch Schäumen und Spucken der Kessel veranlassen können, haben sich in Württemberg vermeiden lassen. Es wurde aber auch festgestellt, daß je nach dem Reinigungsverfahren z. B. bei der Permutitreinigung Anreicherungen des Kesselwassers mit Soda bis zu 20 kg/m³ und mehr auftreten, ohne daß irgendwelche Schwierigkeiten sich ergaben.

Gründliche Vorreinigung des Speisewassers erfordert einen kleinen Überschuß an Soda und Ätznatron. Die hierdurch veranlaßte Anreicherung von Soda im Kesselwasser, die man durch regelmäßige Prüfung und teilweises Abblasen des Kesselinhaltes in vernünftigen Grenzen halten kann, ist bei richtiggebauten Kesseln unschädlich.

Wie erklären sich nun die Rißbildungen in übereinanderliegenden Blechen, die wir ja auch in Deutschland zu beklagen haben?

Damit die Wärme der Heizgase durch die Wandung auf den Wasserinhalt übergeht, muß in der Wand ein gewisses Temperaturgefälle herrschen, also die Außenwand wärmer als die Innenwand sein. Dieser Temperaturunterschied ist bei einer Blechlage, mag diese dünn oder dick sein, verhältnismäßig gering. Hat man aber als Heizfläche 2 oder mehrere übereinanderliegende Blechlagen, so ist zwischen ihnen ein je nach der Anrichtarbeit größerer oder kleinerer Luftraum, der den Wärmedurchgang hemmt.

Schon hierdurch können sich erhebliche Temperaturunterschiede zwischen Außen- und Innenwand einstellen. Hierzu kommt, daß bei ungenügender Abdichtung der Nähte in die vorhandenen Zwischenräume Wasser eindringen kann, das verdampft und Rückstände aus Kesselstein oder Salzen und Soda bildet, bis die Fuge geschlossen ist. Diese Ablagerungen und der entstehende Dampf hemmen den Wärmedurchgang noch weiter.

Temperaturunterschiede zwischen Außen- und Innenwand erzeugen aber Wärmespannungen. Außerdem, und das ist ausschlaggebend, kommen die Bleche auf Temperaturen, die sie, wenn sie bei der Bearbeitung ungünstig behandelt wurden, im kristallinischen Aufbau verändern und schädigen; man bezeichnet das (bekanntlich fälschlicherweise) mit Altern. Hierdurch werden die Rißbildungen eingeleitet.

Aus dieser Erwägung ergeben sich nun auch die Mittel zur Vermeidung solcher Schäden:

1. Sorgfältige, der Beschaffenheit entsprechende Behandlung des Materials bei der Herstellung des Blechs und des Kesselkörpers,
2. Schutz mehrfacher Blechlagen vor zu hoher Wärmezufuhr.

Je höher die Dampfspannungen und insbesondere auch die Beanspruchungen der Heizflächen wachsen, um so wichtiger ist es, diese Vorsichtsmaßnahmen zu beachten.

Leider finden Beobachtungen, die Sachverständige schon vor langen Jahren gemacht haben, bei den Fachgenossen nicht immer Aufmerksamkeit. Auf die hohe Beanspruchung von gewölbten Böden in der Krempe hat z. B. v. Bach schon vor einem Vierteljahrhundert hingewiesen. Erst heute erkennt man aber ihre volle Größe und Gefahr, weil man bei den früheren Größen und Beanspruchungen der Heizflächen und beiden früheren Spannungen nicht gezwungen war, so knapp zu bemessen, wie unter den heutigen Verhältnissen.

Dr. Münzinger hat gesagt, bei der Untersuchung solcher Schäden in Deutschland habe man den Einflüssen des Speisewassers nicht genügende Beachtung geschenkt. Die Einflüsse des Speisewassers hat der Internationale Verband der Dampfkessel-Überwachungsvereine fast Jahr für Jahr behandelt, auch den Einfluß der Lauge auf Kesselbleche. U. a. hat Prof. Baumann in der letzten Versammlung 1914 zu Chemnitz einen Bericht über solche Untersuchungen erstattet und weitere in Aussicht gestellt.

Auch in der letzten Sitzung des Allgemeinen Verbandes der Deutschen Dampfkessel-Überwachungsvereine wurde der Laugeeinfluß ausgiebig erörtert und die Möglichkeit von Schäden sowohl von chemischen wie von Dampfkesselfachleuten in den Grenzen des Kesselbetriebes abgelehnt.

Das Abspritzen von Ekonomisern und Kesselteilen im Betriebszustand mit kaltem Wasser wird von Betriebsleuten wie von den Kesselverfertigern mit Recht abgelehnt.

Der Vortrag erwähnt auch, daß man in Amerika Großkessel mit zahlreichen Rohren übereinander baut, in denen das Wasser durch die oberen Rohrreihen zurückläuft. Ich befürchte, daß hierbei infolge der Ansammlung von Dampf im Scheitel der Rohre und der Hemmung des Wasserumlaufs, Schäden wie Krummwerden und Ausbeulungen der Rohre eintreten können, Schäden, die schon bei Kesseln mit 10 Rohren übereinander eingetreten sind.

Daß in Amerika Kessel mit weit mehr Rohren übereinander ungestört arbeiten, bestätigt nur, daß ein Kessel infolge seiner Wasserkühlung außerordentlich geduldig ist; man darf sich aber nicht wundern, wenn ein solcher Kessel bei zeitweiser, nicht sorgfältiger Vorbehandlung des Kesselspeisewassers oder eintretender Überlastung, Störungen, mit denen der praktische Kesselbetrieb rechnen muß, Schaden leidet.

Ich halte den Weg, die Heizfläche durch Anwendung längerer Rohre und vieler Rohrreihen übereinander zu vergrößern, für durchaus gangbar. Man darf aber hierbei die einfachsten Gesetze des Wasserumlaufs und der Dampfabführung nicht vernachlässigen. Die Rohre müssen in der Strömrichtung ansteigen, also die oberen Rohre entgegengesetzt zu den unteren Rohren. Daneben muß man für genügenden Strömungsquerschnitt in allen Teilen des Kessels sorgen und, was besonders wichtig ist, der Kesselkonstruktion ausreichende Elastizität geben.

So werden wir zu einer Konstruktion gelangen, die auch den anspruchsvollen Betriebsmann befriedigt. Außerdem ist die Wasserreinigung sehr wichtig. Vielfach ist sie zu klein oder bei späterer Vergrößerung der Kesselanlage nicht ausreichend. Auch sind die Anweisungen zu ihrer Prüfung häufig ungenügend.

(Schluß folgt.) [D 584]

Über ein Gußeisendiagramm.

Dr.-Ing. Maurer, Essen, hat, auf den Erfahrungen fußend, die er auf dem Gebiete der Stahlforschung mit den Guilletschen Diagrammen sammeln konnte, auch ein solches Diagramm für Gußeisen entworfen[1]), dessen Benutzung bei Beurteilung der verwickelten Gefügeverhältnisse dieses Stoffes von großem Wert ist. Beim Entwurf seines neuen Diagrammes, Abb. 1, ging Maurer von der theoretischen Erwägung aus, daß in einem solchen Schaubild mit den Kohlenstoffgehalten als Ordinaten und den Siliziumgehalten als Abszissen die Gefügebestandteile Ledeburit-Eisenkarbid mit Perlit im weißen Gußeisen, Graphit mit Ferrit und Perlit im ferritischen und Graphit mit Perlit ohne Ferrit im grauen Gußeisen einzutragen sind, weil diese drei Gefügebestandteilgruppen von Kohlenstoff und Silizium abhängig sind.

Guillet ließ sämtliche Diagrammlinien in dem Kohlenstoffpunkt 1,65 vH zusammenlaufen, so daß z. B. im Nickelstahl- oder Manganstahldiagramm der Punkt mit 1,65 vH Kohlenstoff rein austenitisch ist. Ein ähnlicher eutektischer Punkt ist aber auch im Gußeisenschaubild festzulegen. Maurer wählt ihn bei 4,3 vH Kohlenstoff als Punkt A. Den Punkt B auf der Siliziumachse legt er bei 2 vH Silizium fest, weil man Stähle mit 2 vH Silizium sicher bis zu 1 vH Kohlenstoff ohne Graphitausscheidung gießen kann. Punkt C mit 7 vH Silizium ist dem Guilletschen Diagramm des Siliziumstahles entnommen. Verbindet man A mit den beiden Punkten B und C durch Geraden, so erhält man drei Felder, von denen I das Gebiet des weißen Gußeisens darstellt, II das des perlitischen und III das des ferritischen. Die Übergänge II a und II b zwischen diesen drei Feldern wurden gewonnen, indem B nach oben auf die Wagerechte projiziert wurde, die durch den Ordinatenpunkt 1,7 vH Kohlenstoff geht, da dieser Gehalt wohl die Grenze zwischen Stahl und Gußeisen festlegt. Punkt D wurde nach D' auf die X-Achse projiziert, worauf durch Verbinden von B' und D' mit A die Übergangsfelder entstanden.

Durch Mitteilung einer Reihe von Quellenangaben weist nun zunächst Maurer nach, daß das rein theoretisch gewonnene Diagramm ihnen entspricht. Auch eigene Laboratoriumschmelzversuche, deren Ergebnisse durch Punkte verschiedener Gestalt in das Diagramm eingetragen wurden, Abb. 2, bewiesen gute Übereinstimmung mit dem theoretischen Schaubild. Selbstverständlich gilt das Diagramm, genau genommen, nur für normale Verhältnisse. Es zeigte sich aber, daß sich auch bei Mangangehalten von 0,25 bis 1,5 vH die Ergebnisse der Schmelzen zwanglos in das theoretische Diagramm einfügen ließen.

In den Gießereibetrieben der Kruppschen Werke wurde an der Hand des theoretischen Diagrammes die Versuche weiter fortgesetzt, wobei sich ein Guß ergab, der bei rein perlitischem Gefüge weitgehend unabhängig von der Abkühlgeschwindigkeit ist und beste Festigkeitseigenschaften hat. [M 534]

Lohse.

[1]) Gießerei-Ztg. Bd. 21 (1924) S. 457.

Abb. 1. Gußeisendiagramm, an der Hand theoretischer Überlegungen entworfen.

Abb. 2. Gußeisendiagramm, nachgeprüft an der Hand von Versuchen.

RUNDSCHAU.

Gießerei.

15. Hauptversammlung des Vereines Deutscher Gießereifachleute.

Vom 19. bis 22. Juni fand in München die 15. Hauptversammlung des Vereines Deutscher Gießereifachleute statt.

Obering. Zerzog, München, sprach über

die Bewegung und Untersuchung von Gießereikoks.

Er gab die Ergebnisse von eingehenden Versuchen mit rheinisch-westfälischem, Zwickauer und niederschlesischem Gießereikoks in Laboratorium und Gießerei bekannt. Dabei stellte sich heraus, daß Gießereikoks einer längeren Garungszeit bedarf als Hochofenkoks, und daß für seine Güte die Verbrennlichkeit maßgebend ist, wobei zwischen Porosität und Verbrennlichkeit kein Zusammenhang besteht. Besondere Beachtung wurde der Schwefelfrage geschenkt, und es wurden Vorschläge gemacht, den Schwefel durch Zusatz von Flußspat oder durch die bekannten Entschwefelungsverfahren der Maschinenfabrik Eßlingen von Rein-Dürkopp und von Walter herunterzudrücken. Auch auf die Fehlerquellen bei der Probenahme von Koks wurde hingewiesen. An einer Reihe von Lichtbildern wurde gezeigt, daß die Beurteilung des Kokses nach dem Aussehen zu falschen Schlüssen über die Güte führen kann.

Die Ergebnisse von Parallelschmelzen mit verschiedenen Kokssorten gaben Anlaß, auf die Windzuführung zu den Kuppelöfen und die Einwirkung der Koksaschen einzugehen.

In dem Meinungsaustausch wurde hervorgehoben, daß man bestrebt sein müsse, den Schwefelgehalt im Koks möglichst niedrig zu halten, und daß die mechanische Festigkeit möglichst groß sein müsse, auch die Zerkleinerung nicht zu weit getrieben werden dürfe, da mit ihr die Verbrennlichkeit des Kokses heruntergingе. Über den Wert des Trommelversuchs (sogenannte Micumtrommel) war man verschiedener Meinung.

Dr.-Ing. Klingenstein, Stuttgart-Zuffenhausen, berichtete über

Entschwefelung im Kuppelofen unter besonderer Berücksichtigung des Flußspats.

Es muß streng zwischen Reinigung und Veredelung des Gußeisens unterschieden werden. Die Reinigung bezweckt die Befreiung von Fremdkörpern, die zur Gefügebildung nicht notwendig sind, während die Veredelung den Gefügeaufbau des Gußeisens typisch verbessern soll. Wichtig ist dabei die Entfernung des Schwefels, wobei zunächst schon in der Gattierung ein möglichst niedriger Schwefelgehalt anzustreben ist und ferner mittels geeigneten Roheisens und geeigneten Kokses ein möglichst schwefelarmes Eisen erschmolzen werden muß. Ausschlaggebend sind hier die Siegener Roheisensorten wegen ihres hohen Schwefelgehalts. Sie führen infolge ihres hohen Mangan- und Schwefelgehaltes dem Schmelzgut viel Schwefel zu, so daß die Manganzufuhr durch Roheisensorten mit weniger hohen Schwefelgehalten anzustreben ist. Die Manganformlinge der Maschinenfabrik Eßlingen ermöglichen eine solche Manganzufuhr ohne Schwefelzubrand. Im Eisen sind die Sulfide teils als Eisensulfid, teils als Mangansulfid und teils als Gemisch beider vorhanden. Der Gießer muß daher durch zweckmäßige Schlackenbildung die Aufnahme der ausgeschiedenen Sulfide in die Schlacke ermöglichen, wobei die Lösungsfähigkeit der Schlacke für Sulfide durch deren Silizierungsgrad, mit andern Worten ihren Kalkgehalt, ausschlaggebend beeinflußt wird. Bei Verwendung von Flußspat trat keine Schwefelminderung ein. Mit steigendem Flußspatzusatz stiegen die anfallende Schlackenmenge und der Abbrand aus dem Ofenfutter folgendermaßen:

	Schlackenmenge vH	Abbrand aus dem Ofenfuttter vH
Normaler Kalksteinzusatz	7,32	2,3
1/3 Flußspatzusatz	7,22	2,29
2/3 „ „	8,29	3,21
Reiner Flußspatzusatz	9,41	4,11

Auch bei der chemischen Entschwefelung muß der Mangangehalt eine Rolle spielen. Eine solche kommt dann in Frage, wenn keine natürliche Entschwefelung infolge fehlenden Mangangehaltes möglich ist, z. B. bei Temperguß und Handelsguß, bei dem die Preisfrage zu berücksichtigen ist. Am meisten verbreitet ist die chemische Entschwefelung nach dem Verfahren von Dürkopp-Luyken-Rein.

Im Meinungsaustausch wurde darauf hingewiesen, daß man mit Flußspat doch auch beim Entschwefeln gute Erfahrungen gemacht habe, es sei dabei aber auch das Ofenfutter von Einfluß, zumal Flußspat eine dünnflüssige und lösungsfähige Schlacke ergebe. Zu beachten sei die zerstörende Wirkung auf das Ofenfutter, die um so stärker sei, je größer die Flußspatstücke eingesetzt wurden. Zweifellos entstünden schwefelhaltige Fluorverbindungen, die aber bisher noch nicht nachgewiesen seien. Auch auf die Vorteile des Flammofenschmelzens für Gußeisen wurde hingewiesen.

Prof. Dr. Behr, Berlin, behandelte

die Struktur von Stampfmassen für Kuppelöfen,

wobei er, von allgemeinen Bemerkungen über Stampfbauweisen ausgehend, den Arbeitsplan des Ausschusses für Untersuchung von Kuppelofensteinen und Ausstampfmassen erörterte. Es wurden neben Versuchen im Betrieb auch verschiedene Ausstampfstoffe nach keramischen Verfahren geprüft. Den Wertmesser bilden für die Ausstampfstoffe die in der Eisengießerei erprobten feuerfesten Steine. Die Rohstoffe (Tone und Graphite) und ihre Eigenschaften wurden deshalb besprochen, und auf die Bedeutung ihrer Prüfung auf Feuerfestigkeit und Feuerbeständigkeit wurde hingewiesen. Auch die Wichtigkeit der chemischen und mechanischen Analyse, der Raumbeständigkeit, Gasdurchlässigkeit, Porosität und Struktur wurde hervorgehoben. Eine Analysentafel der Ergebnisse der Untersuchungen von neun verschiedenen Stampfmassen gab ein klares Bild von ihrer stark verschiedenen Zusammensetzung teils aus künstlichen Mischungen, teils aus natürlich vorkommenden Rohstoffen. Der Aufbau gebrannter und ungebrannter Ausstampfmassen wurde durch Lichtbilder mikrophotographischer Präparate und verschiedene Proben versinnbildlicht. In Verbindung mit praktischen Versuchen zeigte eine vergleichende Zusammenstellung den Weg, um die noch bestehenden Mängel der Stampfmassen zu beheben.

In einer an den Vortrag anschließenden eingehenden Aussprache wurden von verschiedenen Seiten die mit Stampfmassen usw. gemachten Erfahrungen bekanntgegeben.

Die eigentliche Hauptversammlung fand am 21. Juni im Marmorsaal des Hotels Bayerischer Hof statt. Der Vorsitzende, Dr. Dahl, Berlin, begrüßte zunächst die zahlreich erschienenen Vertreter der staatlichen und städtischen Behörden sowie der befreundeten Vereine und die Ehrengäste, unter denen sich auch Exzellenz von Miller eingefunden hatte. Der Geschäftsbericht ließ ein günstiges Fortschreiten der vom Verein aufgenommenen wissenschaftlichen Arbeiten und eine gute Entwicklung des Vereinslebens im Gesamtverein und in den Ortsgruppen, die im Berichtjahre durch die Ortsgruppe Magdeburg vermehrt wurden, erkennen. Die Mitgliederzahl beträgt zurzeit etwa 1000. Der Geschäftsbericht zeichnete in großen Zügen das heutige Bild der deutschen Volkswirtschaft, indem er auf die Notwendigkeit der Entlastung der Industrie von den zu hohen Steuern und sozialen Lasten hinwies und den Zwang zur schärfsten Kalkulation auf den Pfennig betonte. Die Preise der Waren müßten der Kaufkraft des Volkes angepaßt werden, was dann zu der so nötigen Steigerung der Produktion führen werde. Die Rationalisierung der Arbeit müsse schleunigst und mit allen Mitteln in die Hand genommen werden. Seine Ausführungen fanden den ungeteilten Beifall der Zuhörer.

Prof. Diepschlag, Breslau, hielt alsdann seinen Vortrag über

Wege und Ziele der Graugußveredelung.

Die Ziele der Graugußveredelung gehen in verschiedener Richtung, daher sind auch die Vergütungsmaßnahmen nach verschiedenen Gesichtspunkten zu treffen. Auch ist die Beurteilung des Graugusses nach seinen Festigkeitseigenschaften nicht eindeutig. Der wichtigste Vorteil dieser Eisenlegierung liegt in ihrer Billigkeit gegenüber den Stahllegierungen, daher scheiden alle Maßnahmen aus, die eine erhebliche Verteuerung des Graugusses hoher Festigkeit nach sich ziehen. Weitere Vorzüge sind seine Unempfindlichkeit gegen Witterungseinflüsse und seine Weichheit, die ihn leicht bearbeitbar mit schneidenden Werkzeugen macht. Die Veredlung des Graugusses kann entweder durch geeignete Legierung oder durch Wärmebehandlung oder durch beides zusammen erfolgen. Dadurch, daß die Legierung grau erstarrt, eine vergießbare Schmelze liefert, wird die Zahl der verwendbaren Legierungsstoffe stark eingeschränkt. Versuche zeigen, daß eine Vergütung des Graugusses durch steigenden Zusatz eines Legierungsstoffes nicht stetig erhöht wird, daß z. B. Silizium keinen wahrnehmbaren Einfluß auf die Festigkeit ausübt, und daß bei andern, z. B. Mangan und Phosphor, bald ein Höchstgrad der Vergütung erreicht ist. Der abnehmende Gehalt von Kohlenstoff bzw. Graphit und ein zunehmender von Schwefel veranlassen die größte Änderung der Eigenschaften. Die Bemessung der Mengen der

einzelnen Legierungsstoffe geschieht durch geeignete Gattierung einer Schmelze unter Verwendung von Schmelzstoffen, in denen die Legierungsstoffe in genügender Menge enthalten sind. Sind solche Schmelzstoffe nicht verfügbar, so muß man ein Zuviel an Legierungselementen in besonderem Verfahren aus der Schmelze entfernen. Bei der Verminderung des Schwefelgehaltes findet dies Verfahren in verschiedenster Weise Anwendung, es kann aber auch nach denselben Grundsätzen zur Verminderung des Graphitgehaltes benutzt werden. Beim Graugußveredeln durch Warmbehandlung läßt man das metallische Gefüge je nach Abkühlungsgeschwindigkeit perlitisch oder abgeschreckt erstarren. Durch Beeinflussung der Erstarrungs- und Umwandlungsvorgänge mittels geeigneter Legierungsstoffe kann der gewünschte Zweck leichter erreicht werden als im Perlitguß, der heute eine solche hochwertige Legierung darstellt. Der Grauguß wird heute noch je nach dem Verwendungszweck in Gruppen geteilt und benannt, es wäre aber besser, ihn nach Eigenschaften zu bezeichnen und zu gruppieren, wie es beim Perlitguß schon geschieht.

In der sich anschließenden eingehenden Aussprache wurde der Einfluß des Kohlenstoffs bzw. der Graphitausscheidung auf die Eigenschaften der Schmelze hervorgehoben. Zerzog meinte, daß die Höhe der Temperatur beim Niederschmelzen auf die Ausscheidung des Graphits von maßgebendem Einfluß sei, deshalb müsse so heiß wie möglich geschmolzen werden. Verschiedene Redner schlossen sich dieser Auffassung an.

Die Reihe der Vorträge schloß Dr. W. Claus, Meerane i. Sa., mit seinen Ausführungen über

die Desoxydationsprozesse und die Desoxydationsmittel der Nichteisenmetallschmelzen,

wobei er zunächst auf die physikalischen, physikalisch-chemischen und rein chemischen Eigenschaften eines Schmelzflusses einging und die Metallegierungsschmelzen in autodesoxydative, die kein Oxydationsmittel benötigten, und oxydhaltige einteilte.

Alle Schmelzen nehmen beim Vergießen Sauerstoff auf, und zwar in dem Teilstück des aus dem Tiegel fließenden Metallstrahls, das zwischen der zurückbleibenden Schlackenschicht und dem sich in der Form stauenden flüssigen Metallspiegel liegt. Vortragender fand, daß in autodesoxydativen Schmelzflüssen, die sich porenfrei zeigten, stets ein Bestandteil vorhanden war, der eine beträchtliche Dampfspannung hatte, wie Zink und Blei, dessen Oxyde über dem Metallstrahl in der Luft entstanden. Aus diesen Versuchsergebnissen kommt er zu einer Erweiterung der Forderungen, die an Desoxydationselemente für Metallegierungen zu stellen sind.

Eingehend wurden weiter alle desoxydativen Vorgänge behandelt, die sich in Schmelzflüssen von Legierungen auf Schwer- und Leichtmetallbasis abspielen.

Im zweiten Teil des Vortrages wurden sämtliche bisher bekannte Desoxydationsmittel für Metallegierungen besprochen, wobei auch ein vom Vortragenden angegebenes neues Mittel, das Phosphorblei, Erwähnung fand. Unter Zusammenfassung aller zahlreichen Angaben seines Vortrags schloß Dr. Claus seine bedeutungsvollen Ausführungen mit den Grundregeln zur Auswahl geeigneter Desoxydationsmittel für alle Nichteisenmetallschmelzflüsse. In der Besprechung wurde u. a. auf die Bedeutung des Siliziums als Reduktionsmittel hingewiesen.

Hierauf wurde der restliche geschäftliche Teil erledigt und der Vorstand im wesentlichen in seiner bisherigen Zusammensetzung wiedergewählt.

Neben den wissenschaftlichen Vorträgen wurde gemeinsam das neu eröffnete Deutsche Museum unter sachkundiger Führung in Gruppen besichtigt. Alle Teilnehmer waren überrascht von der Großartigkeit dieses herrlichen Denkmals der Technik und entzückt von der wirkungsvollen Aufstellung der Sammlungsgegenstände. [N 744] Lhs.

Materialprüfung.

Die Prüfung feuerfester Rohstoffe und Erzeugnisse unter Druckbelastung bei hohen Temperaturen.

Die Verfahren zur Güteprüfung feuerfester Rohstoffe und Erzeugnisse sind mannigfach, jedoch, wenn man von der Bestimmung der Feuerfestigkeit nach Segerkegeln absieht, nicht einheitlich in der Ausführung. Ferner haben einzelne Prüfungen für sich oder eine Reihe von Ergebnissen zusammengefaßt noch nicht genügt, um eine ausreichende, irrtumsfreie und einheitliche Beurteilung in jedem Falle zu gewährleisten. Die zahlreichen Veröffentlichungen über dieses Prüfungsgebiet lassen erkennen, welche Fortschritte im letzten Jahrzehnt in der Fachpresse in Vorschlag gebracht sind, und daß mit Ernst und Vielseitigkeit an der Förderung dieser Aufgaben gearbeitet wird.

Ein Prüfverfahren, das zurzeit Bedeutung hat, ist die Prüfung des Verhaltens feuerfester Rohstoffe und Erzeugnisse unter Druckbelastung bei hohen Temperaturen, wodurch Einblicke in das Verhalten der Tone und feuerfesten Erzeugnisse gewonnen und wonach ihr Wert für den praktischen Gebrauch eingeschätzt werden kann. Auf der vorjährigen Hauptversammlung der Deutschen Keramischen Gesellschaft in Breslau hat Dr. Hirsch gelegentlich seines Vortrages „Der Erweichungsversuch und seine

Abb. 1 und 2. Schnitt durch die Druckerweichungsmaschine, Abb. 3.

a Achse der Prüfmaschine
b Belastungsstempel
c Teller
d, e Gegengewichte
f Hülse
g Schreibvorrichtung zum Beobachten der Ausdehnung- und Erweichungskurve
h Hebel z. Lösen der Pufferbremse
i Pufferbremse
k Probekörper.

Abb. 3. Prüfmaschine zur Bestimmung des Erweichungsverhaltens von feuerfesten Stoffen unter Belastung bei hohen Temperaturen.

Abb. 4. Hellingkrananlage der Schiffs- und Maschinenbau-A.-G., Mannheim, erbaut von der Demag, Duisburg.

Möglichkeiten"[1]) einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung der verschiedenen Prüfungsverfahren zur Ausführung dieser Prüfung innerhalb und außerhalb Deutschlands gegeben, wobei Art und Wert der Prüfung einer erschöpfenden Kritik unterzogen wurden. Außerdem hat der Vortragende über seine eigenen umfangreichen Forschungsarbeiten berichtet, die eine Klärung der mit diesem Prüfverfahren zusammenhängenden Fragen bringen.

Für diese Prüfung braucht man außer der Prüfmaschine einen Versuchsofen, für den zweckmäßig ein Kohlengrieswiderstandsofen mit senkrecht eingebautem Heizrohr verwendet wird. In das Heizrohr ist ein Stempel aus Elektrodenkohle eingebaut, auf den der Prüfkörper gesetzt wird. Die Prüfmaschine, Abb. 1 bis 3, ist so am Ofen aufgestellt, daß der Druckstempel mit dem oberen Kohlestempel genau ausgerichtet über dem unteren Kohlestempel auf dem Probekörper steht. Die kranartige, um die Achse *a* schwenkbare Prüfmaschine trägt den Belastungsstempel *b*, der oberhalb seines Schwerpunktes durch zwei über vier Rollen laufende Seile mit zwei Zugstangen am Teller *c* mittels der scheibenförmigen Gegengewichte *d* und *e* gehalten wird. Die beweglichen Gewichtscheiben *d* tragen außer einer Mittelbohrung vier weitere Bohrungen. Durch zwei dieser Bohrungen gehen frei beweglich die Zugstangen hindurch; durch die beiden andern geht eine Vorrichtung, die es ermöglicht, beliebig viele Gewichtscheiben *d* mit Hilfe von Knebeln, die am unteren Rande der Gewichtscheiben angedeutet sind, zusammenzuschließen und durch einen Hebel an der Hülse *f* zu befestigen, so daß auf diese Weise die zusammengeschlossenen Gewichte *d* den Teller *c* nicht mehr belasten und den Stempel *b* nicht mehr entlasten. Die Hülse *f* ist an einer durch die Gewichte *d* und den Teller *c* gehenden, an ihren beiden Enden festgelagerten Spindel mit Flachgewinde geführt. Durch Drehen des an der Hülse *f* befindlichen Handrades werden die zusammengeschlossenen Gewichte *d* von den andern Gewichten und dem Teller abgehoben, so daß das gewünschte und berechnete Gewicht des Druckstempels auf dem Probekörper *k* zur Wirkung gebracht wird; dieses kann für diese Versuche 1 oder 2 kg/cm² und mehr betragen.

Während des Prüfens bewegt sich der Druckstempel infolge der Ausdehnung des Probekörpers nach oben, so daß sich der in Abb. 3 sichtbare Zwischenraum an den Gegengewichten zunächst vergrößert. Im Sinne des Druckstempels bewegt sich in gleicher Richtung auch die Meßvorrichtung *g* unter gleichzeitigem Aufzeichnen der Ausdehnungskurve nach oben. Vom Augenblick der Erweichung an verringert sich der Zwischenraum, gleichzeitig wird durch die Meßvorrichtung der Verlauf der Absenkungskurve aufgezeichnet. In dem Augenblick, wo der Raum zwischen den Gegengewichten Null ist, wird ein kleiner Hammer, Abb. 3, ausgelöst, der den Hebel an der Hülse *f* niederschlägt. Das volle Gewicht der Gegengewichte wird wirksam und hebt, da das Gesamtgewicht von *d* und *e* größer ist als das des Druckstempels, diesen vom Probekörper ab und bewegt ihn nach oben, die Gegengewichte gleiten nach unten und werden durch eine Pufferbremse *i*, Abb. 1, abgefedert, wobei sie durch eine Sperrklinke verankert werden können. Die Meßvorrichtung ist so ausgebildet, daß im gleichen Augenblick, in dem das Niederschlagen des Hebels an der Hülse *f* eintritt, auch diese selbsttätig ausgelöst wird und in ihrer Endstellung stehen bleibt.

Durch Ausschwenken der Maschine wird der Stempel *b* aus dem Wärmebereich des Ofens gebracht und ist, falls weitere Öfen auf dem Schwenkhalbmesser der Maschine angeordnet sind, sofort für weitere Prüfungen verwendungsbereit. Die Öffnung des Ofens wird abgedeckt und der Probekörper nach gewisser Abkühlung dem Ofen zur weiteren Begutachtung entnommen.

Die Temperaturmessung erfolgt von außen durch Anvisieren einer Außenfläche des Probekörpers, wozu zweckmäßigerweise ein optisches Pyrometer nach Holborn-Kurlbaum benutzt wird.

[M 392] Dr. Hans Hecht.

[1]) Keramische Rundschau Bd. 32 (1924) Heft 51.

Schiffs- und Seewesen.

Helling-Krananlage für eine Flußschiffwerft.

Die Deutsche Maschinenfabrik A.-G. (Demag), Duisburg, hat für die Schiffs- und Maschinenbau A.-G., Mannheim eine Hellingkrananlage gebaut, die mit Rücksicht auf den im Flußschiffbau gebotenen Querablauf eine bemerkenswerte Gestalt erhalten hat, Abb. 4. Da die Helgen selbst für den Querablauf freibleiben müssen, hat man die Kranbahn hinter die Helgen gelegt; und da es wünschenswert ist, daß die Kranbahn den Verkehr auf dem Werftgelände nicht behindert, hat man eine Hochbahn von 147 m Länge und 2,8 m Höhe ausgeführt. Der Stützenabstand beträgt, dem Windenabstand entsprechend, 7 m. Der Kran hat bei 40 m Ausladung 1 t, bei 25 m Ausladung 2 t und bei 15 m 4 t Tragfähigkeit; seine Hubhöhe beträgt 13 m. Das Heben von 4 t Gewicht geschieht durch einen 24 PS-Elektromotor mit 0,23 m/s Geschwindigkeit. Kleinere Lasten werden mit Hilfe eines umschaltbaren Vorgeleges entsprechend schneller gehoben. Die Katze wird von einem 7 PS-Motor mit 0,75 m/s Geschwindigkeit bewegt. Zum Drehen des Kranes dient ein Motor von 10 PS Leistung, der den Kran einmal in der Minute dreht. Zum Bremsen sämtlicher Hauptantriebe dienen elektromagnetische Bremsen. Der Turmdrehkran besteht im wesentlichen aus zwei Teilen, dem fahrbaren Turm und dem Ausleger, der den Turm oben glockenartig umschließt. Als Lager dienen ein Hals- und Spurlager im Kopf des Turmes. Wagerechte Kräfte werden durch einen Druckring aufgenommen, unter dem sich der Kranz vom Triebstockbolzen befindet. Die Anordnung der Führerhäuser und Gegengewichte ist aus Abb. 4 zu erkennen. Um Platz zu sparen, hat man unter der Hochbahn die Winden einer Schiffs-Querschleppanlage aufgestellt, die aus 24 Winden von 120 t Gesamtzugkraft besteht. [M 111]

Abb. 7. Großraumfördergefäß unter Tage.

Abb. 5 und 6. Seitenansicht und Grundriß der Gefäßförderanlage unter Tage.

Fördertechnik.

Hauptschacht-Gefäßförderungen.

Die Förderanlage des Schachtes Hattorf der Kaliwerke Aschersleben wurde Anfang 1924 mit verhältnismäßig geringen Mitteln so umgestaltet, daß die Förderwagen nur unter Tage notwendig blieben, wodurch für eine bestehende Anlage jene Vorteile geschaffen wurden, die ausführlich in der Einleitung des Aufsatzes von Dipl.-Ing. Schütt[1]) aufgezählt sind. Die Anlage wurde von Kaiser & Co, Cassel, in sechs Wochen geliefert; vier Wochen später konnte der neue Betrieb einsetzen.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 665.

Am Füllort in der Nähe des Schachtes wurde nichts geändert; die Wagenförderung konnte bis zuletzt umlaufen. Das Umstellen auf die Gefäßförderung kann daher bei günstiger Lage der Verhältnisse so durchgeführt werden, daß die eine Förderart ohne große Betriebsunterbrechung durch die andre ersetzt wird. Die Hauptänderung bestand darin, daß an Stelle des Förderkorbes der senkrechten Schachtförderung ein Gefäß von rd. 3 m³ Rauminhalt eingebaut wurde, das ausschließlich das Fördergut aufnimmt. Über und unter dem Gefäß ist ein Stockwerk für Mannschaftsförderung vorhanden. Ferner besteht die Neuanlage in einer Zubringe- und in einer Entladevorrichtung unter und über Tage. Das Beladen des Schachtfördergefäßes unter Tage geht aus Abb. 5 und 6 hervor.

Die Gruppenwagen fahren in einer Entfernung von rd. 30 m vom Schacht durch einen Kreiselwipper, der immer zwei der Grubenwagen in einen Überladebunker entleert. Vom Wipper aus gelangen die Grubenwagen zurück in den Kreislauf des Untertagebetriebes. Unter dem Überladebunker, der bei unregelmäßiger Zufuhr auch einen gewissen Ausgleich schafft, werden zwei Hängebahngefäße gefüllt, die wechselweise auf zwei Pendelstrecken das Fördergut zum Förderkorb bringen. Ein Ringbetrieb wurde nicht gewählt, weil es nach den örtlichen Verhältnissen zweckmäßiger war, die Hängebahn hin- und herfahrend auf ansteigender Strecke so einzubauen, daß an dem ursprünglichen Füllort in der Nähe des Schachtes nichts geändert zu werden braucht.

Die Hängebahngefäße, Abb. 7, haben ebenfalls 3 m³ Fassungsvermögen und weisen Stirnentleerung auf. Das Fördergut rutscht nach Öffnung einer Klappe in das eigentliche bereitstehende Schachtfördergefäß. Das Öffnen und Schließen unter und über Tage erfolgt selbsttätig. Ebenso wird am oberen Ende des Schachtes dieses Gefäß in Hängebahnwagen entleert, die auf einem Ringgleis das Fördergut zu Einschütttrichtern bringen, von wo aus es in das Brechwerk gelangt.

Abb. 8 und 9. Seitenansicht und Grundriß der Gefäßförderanlage über Tage.

Abb. 10. Großraumfördergefäß über Tage.

Auf der Ringbahn über Tage, Abb. 8 und 9, wie auf der Pendelstrecke unter Tage werden die Fördergefäße ganz selbsttätig mittels Zugseilantriebs befördert. Bei der unteren Bahn sind die Laufkatzen fest mit dem Zugseil verbunden, bei der oberen Bahn kommen die üblichen Laufwerke für Drahtseilbahnen zur Anwendung. Auf der kurzen Strecke am Schacht werden die Laufwerke vom Zugseil gelöst. Das Ein- und Auskuppeln vollzieht sich selbsttätig, ebenso das Entleeren während der Fahrt über den Einwurftrichtern. Die Kübel für die Förderung über Tage sind für Bodenentleerung eingerichtet, Abb. 10.

Durch den Umbau der Anlage wurde die Zahl der erforderlichen Grubenwagen vermindert, die Förderleistung wesentlich gesteigert und an Bedienungsmannschaften gespart.

[M 98] Alfred Sieber, Cassel.

Verschiedenes.

Neue Form einer Hängebrücke.

In Z. Bd. 69 (1925) S. 742 wird ein mit vielen, insbesondere wirtschaftlichen Vorzügen ausgestatteter neuer Versteifungsträger für die Mittelöffnung von Hängebrücken beschrieben, der in den Vereinigten Staaten von Amerika ausgeführt worden ist. Ich weise darauf hin, daß die neue Trägerform erstmals von mir vorgeschlagen wurde, und zwar in der auch in Amerika gelesenen Zeitschrift „Der Eisenbau" Bd. 2 (1911) S. 276 Abb. 25. Es handelt sich somit um eine ursächlich deutsche Trägerform.

Berlin-Friedrichshagen. [N 747] Dr. R. Sonntag.

Wahl und Größenbestimmungen der Elektrowagenbatterien.

Berichtigung. In Z. Bd. 69 (1925) S. 965 muß es Z. 22 r. Sp. heißen: Die Platten der Gitterplattenbatterien sind gitterförmig ausgebildete Bleiplatten, die mit „Masse" ausgestrichen werden. Diese Masse wird durch das Formieren zur aktiven Schicht. Die positiven Großoberflächenplatten haben keine solche Füllung, sondern sind volle Bleiplatten, deren Oberfläche durch rippenartige Gestaltung stark vergrößert ist. Diese Platten überziehen sich beim Formieren mit einer festhaftenden „aktiven" Schicht. Als negative Platten der Großoberflächenbatterien werden auch Gitterplatten wie bei der Ky-Batterie verwendet, jedoch ist die Masse durch ein beiderseitig gegen die Fläche genietetes und geschweißtes, dünnes gelochtes Bleiblech geschützt, das die Masse am Herausfallen hindert. Auf diese Weise ist die Platte gegen mechanische und elektrische Einflüsse praktisch ziemlich unempfindlich. Es können ihr kurzzeitig Ströme in fünffacher Höhe des normalen Entladestromes entnommen werden, ohne daß die Batterie dadurch leidet. Wird die Ky-Batterie allzu starken Erschütterungen ausgesetzt und elektrisch sehr stark überlastet, so kann mit der Zeit die Masse aus den Gittern herausfallen und gelangt dann auf den Gefäßboden, wo sie, wenn die Schicht die beiden unteren Ränder eines Plattenpaares erreicht, zu Kurzschlüssen und damit schneller Zerstörung Anlaß gibt. [N 775]

Motorschiffe mit Sulzer-Motoren.

Berichtigung. In dem Bericht über das Motorschiff „C. P. Hooft", Z. Bd. 69 (1925) S. 711, ist irrtümlich angegeben, daß die Maschine an einem Tag auf dem Prüfstand aufgestellt und mit voller Kraft geprüft wurde. Es muß vielmehr heißen, daß der Motor am Tage nach der beendigten Aufstellung bereits mit Vollast laufen konnte.

In den Angaben über die Schiffe „Turbinit" und „Wieringen" (a. a. O.) ist das Maß für den Schmierölverbrauch während der Reise auf l (Liter), nicht t (Tonnen) bezogen. [N 769]

BÜCHERSCHAU.

Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereines deutscher Ingenieure. Herausgegeben von Conrad Matschoß. 14. Bd. Berlin 1924, VDI-Verlag, G. m. b. H. 300 S. m. 200 Abb. Preis 16 M.

Das Jahrbuch hat sich allmählich als ein Werk erwiesen, dessen Erscheinen jedes Jahr von der Fachwelt mit steigendem Interesse erwartet wird, weil sein Herausgeber es verstanden hat, den Inhalt vielseitig zu gestalten und sich Mitarbeiter zu verschaffen, die mit Sachkenntnis und in gefälliger Form ihre Sondergebiete zu behandeln verstehen, so daß das Lesen der Aufsätze nicht nur für den Fachmann, sondern für jeden Gebildeten, der am Werden der Technik ein Interesse hat, ein Genuß ist.

Der vorliegende Band ist an Umfang den Bänden vor dem Kriege wieder gleich geworden. Er enthält 16 Abhandlungen biographischen und entwicklungsgeschichtlichen Inhalts, auf die im einzelnen hier einzugehen leider der verfügbare Raum verbietet. In größerem Umfange werden behandelt: die Entwicklung der Eisenbahnbremsen von Staby, Alfred Krupp als Maschinenbauer von Berdrow, die geschichtliche Entwicklung der Chemie von Färber, die Geschichte des Aluminiums und seiner Legierungen von Dr. Sterner-Rainer, die Geschichte von Augsburgs Industrie und Gewerbe von Haßler, Akkumulatoren von Dr. Beckmann u. a.; Biographien vom Eisenbahnkönig Strousberg von Reitböck, des Grafen von Rheden von Prof. Schwemann, Carsten Waltjen von Dr. Schmidt und Emil Kepler von Dr. Max Mayer, die das Werden großer Männer der Technik und Industrie und ihr Wirken auf die Entwicklung ihrer Zeit treffend schildern, bilden eine willkommene Ergänzung der geschichtlichen Ausführungen.

Der neue Band steht seinen Vorgängern in keiner Beziehung nach. Angenehm wird es besonders für die Besitzer der früheren Jahrbücher sein, daß der Herausgeber am Schluß einen stofflich geordneten Gesamtüberblick über die bisher erschienenen Bände 1 bis 14 gibt, der das Zurechtfinden sehr erleichtert, besonders aber auch zeigt, welche beachtenswerte Arbeit für die Geschichte der Technik in diesen Bänden bereits geleistet wurde. Auch ein Verfasserverzeichnis ist beigefügt worden.

Druck und Ausstattung stehen auf der Höhe, die man beim VDI-Verlag gewohnt ist. Auch der neue Geschichtsband kann wärmstens empfohlen werden. [E 749] Lohse.

Die Kondensation bei Dampfkraftmaschinen. Von Dr.-Ing. K. Hoefer. Berlin 1925. Julius Springer. 442 S. m. 443 Abb. Preis 22,50 M.

Der Verfasser gibt im Vorwort seines Buches an, daß es auf eine Anregung des Verlages hin entstanden ist, und man hat daher nicht nur dem verdienstvollen Autor, sondern auch dem Verleger zu danken. Denn nicht nur das Bedürfnis nach einer zeitgemäßen Zusammenfassung unserer Kenntnisse vom behandelten Gebiet, sondern auch die Wahl des ungemein erfahrenen und theoretisch unterrichteten Verfassers ist entscheidend für den Erfolg gewesen. So entstand ein Buch nach dem Herzen des modernen Ingenieurs, das, ohne unnötig zu theoretisieren, doch vor solchen Rechnungen nicht zurückscheut, deren Grundlagen und Ergebnisse zwar manchmal mit den wirklichen Vorgängen nicht genau übereinstimmen, aber dennoch einen quantitativen Einblick in diese vermitteln. Um so erfreulicher ist es, wenn dann und wann trotzdem eine sehr genaue Übereinstimmung zwischen Rechnung und Versuchsergebnissen erzielt wird, wie etwa beim Verlauf der Kühlwassertemperatur S. 109.

In dem Buch ist überall die Literatur bis in die neueste Zeit herangezogen und es sind ganz besonders viele eigene und fremde Versuchsergebnisse dargestellt und begründet, stets mit dem Ziele praktischer Anwendung oder wenigstens der Aufklärung. Wo irgend möglich, sind auch den Betrieb betreffende Bemerkungen angebracht, die dem Praktiker sehr wertvoll sein werden.

Den tatsächlichen Verhältnissen entsprechend, treten Naßluftpumpen und Kolbenpumpen als Trockenluftpumpen in den Hintergrund, vielleicht etwas gar zu sehr, während Wasser- und Dampfstrahlluftpumpen ausführlich behandelt werden. Leider konnte man bei diesen Pumpen nicht einmal den Versuch einer

eingehenderen Theorie erwarten, zu deren späterer Ausbildung aber die genau und übersichtlich wiedergegebenen Versuche gewiß dienlich sein werden. Besonderes Interesse dürften die vergleichenden Untersuchungen der Trockenluftpumpen (Abschn. X) bieten.

Der Besprechung der eigentlichen Kondensation sind einige Kapitel angeschlossen, die sich mit der Rückkühlung des Wassers, der Dampfentölung und der Abwärmeverwertung, soweit sie hier in Frage kommt (insbesondere mit den Unterdruckverdampfern), befassen, die also in engem Zusammenhang mit dem Hauptgebiet stehen. Sie sind entsprechend knapp, aber sehr klar und einleuchtend dargestellt und ergänzen das Werk insofern, als damit alle Vorkehrungen erledigt werden, die auf die Kondensation Einfluß nehmen.

Die vielen Zeichnungen sind fast immer sehr deutlich, die Ausstattung des Buches die ausgezeichnete des Verlags Springer.
[E 679] Körner.

Über Zündpunkte und Verbrennungsvorgänge im Dieselmotor. Von Dr. J. Tauß und Dr. F. Schulte. Mitt. d. Chem.-Tech. Inst. Techn. Hochsch. Karlsruhe. Heft 2, Halle 1924, Wilhelm Knapp. 60 S. m. 12 Abb. Preis 3,20 M.

Das Heft ist ein vollständiger Bericht über die in dieser Zeitschrift[1]) auszugsweise mitgeteilten Arbeiten der Verfasser, die unsre Kenntnis der Verbrennungsvorgänge in mehrfacher Hinsicht bedeutsam erweitert haben. Mit einem verbesserten Zündprüfer nach Moore wurden richtig und genau wiederholbar die Selbstzündungstemperaturen vieler, auch chemisch reiner Brennstoffe in Luft und Sauerstoff bestimmt; z. B. wurde gefunden, daß der Zündpunkt von chemisch reinem Benzol (662 °C) wesentlich höher als der bisher bekannte des technischen Benzols (570 °C) ist. Auch den Einfluß des Mischungsverhältnisses zweier Brennstoffe auf den Zündpunkt und mit einem neu entworfenen Zündprüfer die Abhängigkeit der Selbstzündungstemperaturen vom Druck ohne und mit Zerstäubung durch Druckluft haben die Verfasser geprüft. Dabei zeigte sich, daß die Ordnung der Brennstoffe nach ihrem Zündpunkt bei höherem Druck wesentlich von der bei Atmosphärendruck abweicht.

Die Verfasser haben sich auch bemüht, den schwer erfaßbaren chemischen Zwischenvorgängen bei der Zündung auf die Spur zu kommen und eine Theorie dafür aufzubauen.
[E 646] Richter.

Metallhüttenbetriebe. Die Vorgänge und Erzeugnisse der Metallhüttenbetriebe vom Standpunkte der neuesten Forschungsergebnisse. Band IV. Zinn — Wismut — Antimon. Bearbeitet von Prof. W. Borchers Halle a. S. 1924, Wilhelm Knapp. 188 S. m. 113 Abb. Preis 12,50 M.

Der III. Band der „Metallhüttenbetriebe" des leider zu früh verstorbenen bedeutenden Gelehrten reiht sich würdig den bereits erschienenen Bänden an. Beim Zinn bespricht der Verfasser zunächst die Rohstoffe, die erforderlichen Anreicherungsarbeiten, die mechanische und chemische Aufbereitung und geht dann zu dem hüttenmännischen Verfahren der Zinngewinnung über. Die Elektrolyse und die Reinzinnarbeit (Seigern und Oxydieren) schließen sich an. Zum Schluß werden das Reinzinn und die wichtigsten Zinnlegierungen kurz besprochen.

Wismut und Antimon sind kürzer gehalten. Auch diese Kapitel bringen jedoch alles, was der Metallhüttenmann über die Verfahren der Gewinnung sowie über die Eigenschaften der gewonnenen Metalle zu wissen braucht. Bemerkenswert ist, daß auch den neueren Ergebnissen der metallographischen Forschung so weit Rechnung getragen ist, wie es zum Verständnis so manchen hüttenmännischen Verfahrens erforderlich ist.
[E 616] O. Bauer.

Das Rotorschiff und seine physikalischen Grundlagen. Von J. Ackeret, mit einem Vorwort von L. Prandtl. Göttingen 1925, Vandenhoeck & Ruprecht. 48 S. m. 44 Abb. Preis 1,80 M.

Da die Voraussetzung für eine gute gemeinverständliche Darstellung schwer verständlicher Dinge die restlose Beherrschung des Gegenstandes ist, so war niemand geeigneter zur Erklärung der physikalischen Grundlagen des Rotorschiffes als der Verfasser der vorliegenden Schrift, dem nach dem Geleitwort die ersten Ergebnisse von Messungen an umlaufenden Zylindern in der Göttinger aerodynamischen Versuchsanstalt zu verdanken sind. In der Tat ist es ihm ganz ausgezeichnet gelungen, dem Leser die zum Verständnis des Rotorseglers erforderlichen Grundlagen aus der Strömungsphysik fast spielend beizubringen. Auch wer keinerlei Vorkenntnisse hat, wird in dieser Darstellung den so rätselhaften Magnuseffekt auf Grund der Prandtlschen Grenzschichtentheorie verstehen lernen, auf dem Flettners Erfindung beruht. Wir erfahren ferner, daß der Rotor mit seinem von Prandtl vorgeschlagenen Endscheiben fertig und erprobt in der Göttinger Anstalt vorlag, als Flettner ihn dort im Jahre 1923 zuerst sah und mit genialem Blick seine Bedeutung für die Schiffahrt erkannte. Endlich sind die wichtigsten Angaben über das erste Rotorschiff „Buckau" und über die Art des Segelns mit Rotoren in dem Büchlein zusammengestellt. Es verdient als ein kleines Musterwerk populärer, aber durchaus wissenschaftlicher Darstellung die große Verbreitung, die es schnell gefunden hat. [E 704] Max Jakob.

[1]) Z. Bd. 68 (1924), S. 574.

Fortschritte der Abwasserreinigung. Von Dr.-Ing. K. Imhoff. Berlin 1925, Karl Heymann. XIII u. 112 S. m. 69 Abb. Preis 2,60 M.

Der als Fachmann auf dem Gebiete der Abwasserreinigung lange bekannte, mit dem Aufbau der großen Emschergenossenschaft, die soeben die Feier ihres 25jährigen Bestehens feierte, eng verbundene Verfasser, überbrückt auf seinem Sondergebiet die Lücke, die zehnjährige Abschließung Deutschlands von der übrigen Welt hervorgerufen hat, indem er in der vorliegenden Arbeit besonders auch die englischen und amerikanischen Erfahrungen und Fortschritte der deutschen Fachwelt zugänglich macht. Entsprechend der Wichtigkeit der biologischen Abwasserreinigung betont er besonders die erheblichen Fortschritte des Auslandes auf dem Gebiete der Schlammbelebung, die, ähnlich wie vor 25 Jahren die biologischen Körper, aber mit einfacheren Hilfsmitteln eine gründliche und wirtschaftliche Reinigung der Abwässer erlauben. Die Verwertung der Faulgase zur Ergänzung der Gaswerke wird unterstrichen. Die wirtschaftliche Verarmung Deutschlands zwingt uns, auch auf diesem wichtigen Gebiete der Großstadtwirtschaft einfacher und sparsamer vorzugehen als vor dem Kriege; auf diese erhöhte Sparsamkeit in Anlage und Betrieb neuer Kläranlagen legt die vorliegende Arbeit besonderen Wert. Sie zeichnet sich außerdem durch klare, gedrängte Darstellung aus, der man die alte Erfahrung des Verfassers auf diesem Sondergebiet dauernd anmerkt.
[E 673] E. Zander.

Grundlagen und neuere Fortschritte der **Zahnraderzeugung.** Von Karl Kutzbach. Berlin 1925, VDI-Verlag. 70 S. m. 106 Abb. Preis 5 M.

Das Bayernwerk und seine Kraftquellen. Von A. Menge. Berlin 1925, Julius Springer. 104 S. m. 118 Abb. u. 3 Taf. Preis geh. 6 M, geb. 7,50 M.

Knickfestigkeit der Stabverbindungen. Von Dr. H. Zimmermann. Berlin 1925, Wilhelm Ernst & Sohn. 99 S. m. 45 Abb. Preis 8,40 M.

Die vereinfachte Berechnung biegsamer Platten. Von H. Marcus. Berlin 1925, Julius Springer. 92 S. m. 33 Abb. Preis 5,10 M.

Temperaturschwankungen und Temperaturbewegungen von Beton- und Steinbrücken. Von Friederich Vogt. Berlin 1925, Wilhelm Ernst & Sohn. 77 S. m. 11 Abb. Preis 5,70 M.

Wind und Wärme bei der Berechnung hoher Schornsteine aus Eisenbeton. Von Karl Döring. Berlin 1925, Julius Springer. 61 S. m. 69 Abb. u. 3 Taf. Preis 7,50 M.

44. Statistische Zusammenstellung der Betriebsergebnisse von 425 Gaswerksverwaltungen f. das Jahr 1922 bzw. 1922/23. Herausgeg. i. A. d. Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern München. R. Oldenbourg. 99 S.

Das Kraftfahrzeug im Dienste der Forstwirtschaft. Von Forstmeister Tschaen. Neudamm 1925, J. Neumann. 134 S. m. 103 Abb. Preis 10 M.

Verzeichnis der deutschen Elektrizitätswerke. Berlin 1925, Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V. Selbstverlag. 624 S. Preis geb. 25 M.

Das Torkretverfahren und seine technischen Probleme. Von Adalbert Szilard. Berlin 1925, Julius Springer. 65 S. m. 25 Abb. Preis 3 M.

Chemie für Techniker. Von Kurt Henker. T. II: Technisch und volkswirtschaftlich wichtige, nicht metallische Elemente und ihre Verbindungen. Dresden 1925, A. Dressel. 175 S. m. 18 Abb. Preis 4,50 M.

Innen-Antenne u. Rahmen-Antenne. Von Friedrich Dietsche. (Bibliothek d. Radio-Amateurs Bd. 15.) Berlin 1925, Julius Springer. 61 S. m. 25 Abb. Preis 1,35 M.

Lehrkurs für Radioamateure. Von H. C. Riepka. Berlin 1925, Julius Springer. 152 S. m. 151 Abb. Preis 4,50 M.

Beratung und Vertretung auf dem Gebiete des gewerblichen Rechtsschutzes. Denkschrift herausg. v. Vorstande des Verbandes Beratender Patentingenieure. Bremen 1925, Röpke & Co. 38 S.

Der Schlüssel zum Weltgeschehen. Herausg. v. Hanns Fischer. Leipzig 1925, R. Voigtländer. H. 1. 64 S. m. versch. Abb. Preis Jg. 1925 (4 Hefte) 6 M, je Nr. 2 M.

Der kleine Brockhaus. Handbuch des Wissens in einem Bande. Lfg. I. Leipzig 1925, F. A. Brockhaus. 80 S. m. zahlr. Abb. In 10 Liefg. zu je 1,90 M.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Neuzeitliche Energiewirtschaft.

In Z. Bd. 69 (1925) S. 141 erörtert Herr von Glinski den von mir auf der Weltkraftkonferenz gehaltenen Vortrag über ein neuzeitliches Dampfkraftwerk für Stromerzeugung. Hierbei bringt Herr von Glinski eine Reihe von Werten, die meinem Vortrag entnommen sind, deren Bedeutung aber unrichtig wiedergegeben wird. Der von Herrn von Glinski irrtümlich für die Hauptturbinen angegebene Wirkungsgrad von 22,89 vH bezieht sich auf den vollständigen Prozeß der Stromerzeugung von der Kohle bis zur abgegebenen Energie an den Klemmen der Hauptturbogeneratoren. Dementsprechend gilt auch der Wert von 71,85 vH für die Erzeugung über die Vorwärmeturbinen. Faßt man beide Maschinen zusammen, so ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerkes von 25,17 vH. Die Wirkungsgrade der Turbinen allein liegen wesentlich höher, wie auch in Tafel 1 meines Vortrages angegeben. Sie betragen für die 50 000 kW-Maschine 28,5 vH, für die Vorwärmemaschine 92 vH und als Mittelwert für den gemeinsamen Betrieb 35,2 vH. Dabei wurde der Dampfzustand an den Turbinen von mir mit 400 °C (nicht 450 °C) und 35 at angegeben.

Bezüglich der Beschaffungskosten von 140 ℳ für das eingebaute Kilowatt möchte ich noch betonen, daß diese Angabe in Vorkriegs-Goldmark gemacht ist und der Preis ausschließlich Hochvoltschaltanlage gilt. Der Hinweis des Herrn von Glinski läßt dementgegen vermuten, daß die Hochvoltschaltanlage eingeschlossen wurde. [D 702] Klingenberg.

Die Vergasung von Rohbraunkohlen.

In Heft 1, 1925, S. 1, der Zeitschrift veröffentlicht Prof. Dr. Loschge u. a. die Ergebnisse einer Reihe von 24stündigen Versuchen der Vergasung von Wackersdorfer Rohkohle im Heller-Generator, die zum Teil im Herbst 1923 in Wackersdorf bei Schwandorf stattgefunden haben, ohne Zeitangabe über die Versuche; auch ist nicht angegeben, ob die Versuche an einem einzelnen Generator oder an der ganzen Batterie stattfanden. Zum Schluß seiner Ergebnisse sagt der Verfasser: „Damit ist der einwandfreie Beweis dafür erbracht, daß die Schwandorfer Rohbraunkohle in gebrochenem, ungesiebtem Zustand durch den Heller-Gaserzeuger mit gutem Wirkungsgrad und mit erträglicher Bedienungsarbeit vergast werden kann." Zweifelsohne kann dieses doch nur in mehrwöchentlichem Dauerbetrieb bewiesen werden.

Die vielen, mit großen Kosten und Mühen auf der benachbarten Maximilianhütte versuchten Dauerversuche wurden mit den gleichen Mitteln und in den gleichen Generatoren durchgeführt, wie von Prof. Dr. Loschge beschrieben. Die Luft wurde mittels Ventilators eingeblasen. Der Dampfzusatz wurde mittels Dampfmessers gemessen und war mit 0,1 kg Dampf für 1 kg Rohkohle ebenso wie bei dem gerühmten Versuch 2 Schwandorf mit etwa 0,097 kg Dampf für 1 kg Rohkohle.

Die Durchsatzleistung, die auf der Maximilianhütte 3,750 kg in 24 h betragen sollte, wurde nur vorübergehend erreicht und war mit 142 kg/m²h sogar erheblich geringer als die von Dr. Loschge angegebenen Leistungen von 172 bis 248 kg/m²h. Bei Schweißtemperatur in der Glühzone fließen die eisenhältigen Schlacken der Wackersdorfer Kohle, und es muß Verschlackung eintreten. Dr. Loschge hat mir gegenüber auch zugegeben, daß er bei seinen (verhältnismäßig doch nur kurzen) Versuchen die Stochstangen hie und da mit dem Hammer eintreiben mußte.

Der Aschengehalt der Schwandorfer Kohle ist mit 7,7 vH angegeben, ist aber meistens etwas höher und beträgt, auf trockene Kohle umgerechnet, etwa 20 vH. Ich verweise auf „Stahl und Eisen" Bd. 39 (1919) S. 663, wo H. Bansen richtig schreibt, daß der Heller-Generator für Kohle mit hohem Aschengehalt ausscheidet.

Der Gang einer Generatorreise des Heller-Generators mit Wackersdorfer Rohkohle gestaltet sich stets wie folgt: Die Glühzone des neu zugestellten und bis an den Windkasten mit lockerer Asche angefüllten Generators läßt sich so lange gleichmäßig halten, bis die vom Generator selbst erzeugte Schlacke abgezogen werden muß; dann muß man von unten mit Brechstange und von oben mit Stochstange arbeiten. Verwerfungen der Glühzone sind nicht zu vermeiden. Durch die Stochstangenlöcher geht Wind und Glut nach oben, es bilden sich Glühnester, sowie Randfeuer und Oberfeuer; die Stochstangen müssen bereits mit dem Vorhammer eingetrieben und mit Knebel und Flaschenzug herausgezogen werden. Die Generatorleistung geht immer mehr zurück. Die Form des Generatorschachtes begünstigt das Festsetzen der Schlacken; es gibt Schlackenbrücken, die den Weg nach unten sperren. Die Oberfeuer müssen mit frischer Kohle überdeckt werden und spätestens am 8. Tage geht die Generatorreise ihrem Ende entgegen, da unten keine Schlacken mehr gezogen und oben keine Kohle mehr aufgegeben werden kann.

Saarbrücken. Ing. K. Suresch.

Auf die vorstehende Zuschrift habe ich folgendes zu erwidern: „Die Heller-Generatorenanlage in Schwandorf wurde von mir mit vier Generatoren bei den Versuchen im Frühjahr 1923 im ganzen während eines Zeitraumes von etwa 14 Tagen, bei den später im Herbste 1923 durchgeführten Untersuchungen nochmals während eines etwa dreitägigen Betriebes geprüft. Die Wackersdorfer Gaserzeugeranlage, die im ganzen aus sechs Öfen besteht, steht seitdem mit vier Generatoren in ordnungsmäßigem Betriebe. Wie die mir von der Bayer. Braunkohlenindustrie A.-G. zur Verfügung gestellten Betriebsbücher einwandfrei zeigen, arbeiteten die Gaserzeuger Nr. 3 bis 6 z. B. vom 28. August 1924 bis zum 4. Dezember 1924 im durchgehenden Tag- und Nachtbetrieb ohne jede Störung. Es beweist dies, daß die Zweifel des Herrn Suresch an der Betriebstüchtigkeit der Schwandorfer Heller-Generatoranlage unbegründet und unberechtigt sind.

Daß die Heller-Generatoren auf der benachbarten Maximilianshütte mit Schwandorfer Rohbraunkohle seinerzeit versagt haben, lag meines Erachtens daran, daß man damals über die Anforderungen dieser Kohle an den Gaserzeugerbetrieb und über das unbedingt einzuhaltende, richtige Verhältnis zwischen Luft und Wasserdampf wohl nicht ganz im Klaren war, und daß man vielleicht auch zu hohe Leistungsansprüche an die Gaserzeuger stellte. Das in der Zeitschrift erwähnte Eintreiben der Stocherstangen mit dem Hammer, das Herr Suresch als Beweis für die Unbrauchbarkeit der Heller-Generatoren für die Schwandorfer Rohbraunkohle angesehen haben will, war bei den von mir angestellten Versuchen nur dann notwendig, wenn der Generator mit zu geringem Wasserdampfzusatz betrieben und deshalb zu heiß wurde. Bei Einstellung der zugeführten Wasserdampfmenge auf den richtigen Wert war dagegen stets nur verhältnismäßig geringe Stocherarbeit zu leisten.

Ich benutze die Gelegenheit, um noch ergänzend festzustellen, daß außer den von mir bereits in meinem Aufsatz angeführten Veröffentlichungen weitere wertvolle Versuchsarbeiten über die Vergasung von Rohbraunkohle dem Rheinischen Braunkohlensyndikat in Köln sowie Dipl.-Ing. Weiß und Dr. Becker zu verdanken sind, vergl. „Braunkohle" Bd. 23 (1924) S. 109 und „Stahl und Eisen" Bd. 40 (1920) S. 1067. [D 61]

München. Dr. A. Loschge.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. A. Heller, Berlin NW 7 — VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 22. AUGUST 1925 NR. 34

Einschrauben-Motorschiffe „Sorrento" und „Amalfi".

Von Hein und Wolfenstetter, stellv. Direktoren, und Nüßlein, Prokurist, Bremen.

Schiff und Maschinenanlage der Motorschiffe „Sorrento" und „Amalfi", gebaut von der Aktien-Gesellschaft „Weser", werden kurz beschrieben. Die wichtigsten Konstruktionseigentümlichkeiten der Antriebmaschinen, Bauart Weser/MAN, werden erwähnt.

Die Aktien-Gesellschaft „Weser", Bremen, hat am 14. Mai 1925 das Einschrauben-Motorschiff „Sorrento" an die Reederei Rob. M. Sloman jr. abgeliefert. Das Schwesterschiff „Amalfi" ist bei der A.-G. „Weser" noch im Bau. Die Schiffe haben 89 m größte Länge, 85 m Länge zwischen den Loten, 12,65 m Breite auf Spanten, 5,71 m Seitenhöhe bis Hauptdeck, 2,44 m Höhe der Poop und Back, 2700 t Tragfähigkeit bei 5,368 m Tiefgang auf Sommerfreibord der See-Berufsgenossenschaft und 10 kn Geschwindigkeit.

Dem Bau wurden die Vorschriften des Germanischen Lloyd (Klasse ✠ 100 $\frac{A}{4}$) der See-Berufsgenossenschaft und der Hamburger Hafeninspektion zugrunde gelegt. Die Einrichtung und Ausrüstung zeigen Abb. 1 bis 6.

Rudereinrichtung.

„Sorrento" und „Amalfi" haben ein Flettnerruder erhalten, Abb. 7 bis 13, das nur mittels eines Handrades verstellt wird; dieses befindet sich auf der Kommandobrücke. Eine Wellenleitung führt vom Handrad nach dem Getriebe des Ruders. Das Getriebe ist in einem Deckshaus auf dem Heck aufgestellt. Ein Notsteuer *a* ist auf der Decke des Heckruderhauses vorhanden; die zugehörige kurze Wellenleitung ist ausrückbar eingerichtet. Ein weiterer Handnotsteuerapparat *b* befindet sich ebenfalls auf der hinteren Ruderhausdecke. Von diesem aus wird über die Gallsche Kette *c* und das Schneckengetriebe *d* das ausrückbare Ritzel *e* angetrieben, das in das auf den Hauptruderschaft aufgekeilte Notsteuerzahnrad *f* eingreift.

Einschrauben-Motorschiff „Sorrento" der Reederei Rob. M. Sloman jr., erbaut von der A.-G. „Weser", Bremen.

Hauptmaschine.

Die Hauptmaschine, eine einfachwirkende Viertakt-Ölmaschine der Bauart Weser/MAN, ist von der A.-G. „Weser" entworfen und gebaut worden. Sie hat sechs Zylinder von 560 mm Dmr. und 1000 mm Hub und leistet bei 135 Uml./min dauernd 1050 PS_e. Der allgemeine Aufbau der Maschine ist aus Abb. 14 bis 16 ersichtlich. Die Grundplatte ist zweiteilig und als kräftiger Kastenkörper ausgebildet. Auf ihr bauen sich die acht A-förmigen Ständer auf, die in der senkrechten Längsebene der Maschine geteilt und verflanscht sind und ihrerseits das zweiteilige Zylindergußstück tragen. Grundplatte, Ständer und Zylindergußstücke werden von durchlaufenden Ankern zusammengehalten. Die wassergekühlten Gleitbahnen sind zwischen den Ständern angeordnet.

Die Laufbüchsen sind in üblicher Weise längsbeweglich in die Zylindergußstücke eingesetzt und abgedichtet. Zwischen Zylindergußstück und Zylinderdeckel ist ein besonderer Kühlring angeordnet, wodurch zwangläufige Führung des Kühlwassers bei hoher Geschwindigkeit und besonders kräftige Kühlung des oberen Teiles der Laufbüchse erreicht werden soll. Aus dem gleichen Grunde ist der Wasserraum des Zylinderdeckels in bekannter Weise durch eine wagerechte Wand geteilt. Das Wasser wird im oberen und im unteren Kühlraum des Deckels zwangläufig geführt. Die Zylinderdeckelschrauben sind nach dem Boden des Zylindergußstückes durchgeführt. Die unten offene Grundplatte wird durch eine angeschraubte Ölwanne aus Flußeisenblech abgeschlossen. Seitlich wird der öldichte Abschluß des Triebwerkes durch leicht abnehmbare Blechverkleidungen erreicht.

Die Kurbelwelle besteht aus drei Teilen, und zwar sind je drei Kurbeln der Arbeitszylinder zu einem Wellenstück vereinigt. Das dritte Wellenstück enthält die Kurbel des Luftverdichters. Um das Schmieröl über das Triebwerk zu verteilen, hat man die Zapfen und Schenkel der Kurbelwelle, die Schubstange und den Kreuzkopfzapfen in üblicher Weise durchbohrt. Die Verbrennungskräfte werden vom Boden des Stahlgußkolbens unmittelbar auf einen kräftigen Flansch der Kolbenstange übertragen, der durch einen flußeisernen Druckring gegen den Kolben gepreßt wird. Die Kolben werden durch Seewasser gekühlt, das durch Posaunenrohre zu- und abgeführt wird. Von jedem Kolben fließt ein Teil des Kühlwassers sichtbar ab, während die Hauptmenge über Bord gedrückt wird.

Der dreistufige Luftverdichter ist auf Mitte Maschine angeordnet und wird unmittelbar von der Kurbelwelle angetrieben. Zum Antrieb der Nockenwelle dienen drei Räder-

paare, und zwar treibt die Kurbelwelle durch ein Stirnräderpaar eine Parallelwelle an, die über zwei Kegelräderpaare die senkrechte Steuerwelle und die Nockenwelle bewegt. Von der Zwischenwelle wird ferner durch ein Exzenter die Brennstoffpumpe angetrieben.

Das Brennstoffventil ist mit Wälzhebel im Druckraum und ohne jede Stopfbüchse ausgeführt, so daß ein Hängenbleiben der Nadel in der Packung ausgeschlossen ist. Die Verbindung der Anlaßventilspindel mit dem Ventilhebel ist kraftschlüssig, derart, daß die Spindel nur so lange geöffnet wird, als Anlaßluft in das Ventil strömt und der Gegendruck im Zylinder nicht höher ist als der Druck der Anlaßluft.

Die Maschine wird in bekannter Weise durch Verschieben der Nockenwelle umgesteuert, nachdem die Steuerhebel durch Verdrehen ihrer exzentrisch gelagerten Achsen von den Nocken abgehoben sind. Die Bewegungen werden durch einen Umsteuerzylinder mit Öl als Treibmittel eingeleitet, das durch Druckluft unter Druck gesetzt wird.

Beim Anfahren erhalten zunächst die Zylinder 1 bis 3 Anlaßluft und Brennstoff, die Zylinder 4 bis 6 nur Anlaßluft. Sobald in der ersten Gruppe die Zündungen einsetzen, schalten sich die zugehörigen Anlaßventile selbsttätig aus. Hierauf wird der Anfahrhebel dieser Gruppe auf Betriebstellung gelegt, womit auch die Zylinder dieser Gruppe zünden. Diese Anfahrsteuerung ermöglicht das Anlaufen der Maschine mit außerordentlicher Sicherheit und Ruhe bei sehr geringem Luftverbrauch. Insbesondere konnte das Manöver von „voll voraus“ auf „voll zurück“ mit unbedingter Zuverlässigkeit und in so kurzer Zeit ausgeführt werden, wie das Einstellen der Hebel möglich war. Auf einfache und übersichtliche Anordnung aller Bedienungsteile am Manövrierstand wurde besonderer Wert gelegt. Abb. 14 und 17 zeigen den Manövrierstand.

Abb. 1 bis 6. Einrichtung und Ausrüstung der Einschrauben-Motorschiffe „Sorrento“ und „Amalfi“.

Länge zwischen den Loten . . . . . 85 m
Breite auf Spanten . . . . 12,65 „
Seitenhöhe bis Hauptdeck . . . . . 5,71 m
Tragfähigkeit . . . . 2700 t

a Kapitän
b IV. Offizier und Telegraphist
c Aufenthaltsraum für Offiziere
d Proviantraumverwalter
e Offiziersanwärter
f Arzt
g Kartenzimmer
h Proviantraum
i Mannschaftsraum
k Speisezimmer für Offiziere
l Krankenzimmer für Offiziere
m Krankenzimmer „ Mannschaften
n Bad für Offiziere
o Messe für Maschinisten
p Küche für Besatzung
q II. Offizier
r IV. Maschinist
s II. Maschinist
t Kühlraum
u Maschinisten-Assistent
v I. Maschinist
w III. Maschinist
x Bäcker und Kochsmaat für Besatzung
y Stewards für Offiziere und Maschinisten
III. Offizier
a_1 I. Offizier
b_1 Schreibzimmer für Offiziere
c_1 Anrichte
d_1 Hafendynamoraum
e_1 Ersatzteile
f_1 Tagestank, 8 m³
g_1 Trinkwassertank 6 m³
h_1 Tagestank 8 m³
i_1 Waschraum für Maschinenpersonal
k_1 Lager
l_1 Werkstatt
m_1 Verschlag für Sammelladung
n_1 Waschraum für Schmierer
o_1 Schmierer
p_1 Eßraum für Schmierer
q_1 Bootsmann und Zimmermann
r_1 Raum für 8 Matrosen
s_1 Eßraum für „
t_1 Waschraum für „
u_1 Oel 82,5 m³
v_1 Raum für drahtlose Telegraphie
w_1 Telegraphist
x_1 Bad für Maschinisten
y_1 Raum für Oelübernahme
z_1 Signallaternen,

Um einen einfachen und wirtschaftlichen Betrieb zu erreichen, hat man alle für die Hauptmaschine erforderlichen Hilfsmaschinen angehängt. Am vorderen Maschinenende wird die doppeltwirkende Kühlwasserpumpe durch eine Schwinge angetrieben, die unter Vermittlung eines Kurbelzapfens und einer Schubstange von der Kurbelwelle bewegt wird. Diese Schwinge treibt auch den Weser-Regler an, der bei Überschreitung der zulässigen Maschinendrehzahl die Saugventile von vier Brennstoffpumpen öffnet und somit die zugehörigen Arbeitszylinder ausschaltet. Am vorderen Maschinenende befindet sich weiter, unmittelbar an die Kurbelwelle angehängt, eine Zahnradölpumpe zur Förderung des Schmieröles. Für Montagezwecke ist am hinteren Maschinenende eine Drehvorrichtung mit Antrieb durch Elektromotor angebracht.

Das Drucklager ist als Einscheibendrucklager ausgebildet. Die Laufwellen ruhen in je zwei als Ringschmierlager ausgebildeten Traglagern. Die Schraubenwelle hat einen auf der ganzen Länge durchgehenden Bronzebezug und läuft in einem Pockholzfutter. Der gußeiserne Propeller ist in einem Stück hergestellt.

Abb. 17 bis 19 zeigen die Maschine auf dem Prüfstand der A. G. „Weser“. Die Diagramme, Abb. 20 bis 25, sind während der Abnahmeprobefahrt des Schiffes aufgenommen, die eine mittlere Maschinenleistung von 1065 PS_e bei 133 Uml./min ergab. Die Höchstleistung, die mehrere Stunden lang durchgehalten wurde, betrug 1298 PS_e bei 142 Uml./min.

Die Prüfstanderprobungen und die Probefahrten ergaben weiterhin die vollkommene Bewährung der zahlreichen Vereinfachungen und Verbesserungen, die seit dem Bau des zuletzt abgelieferten Motorschiffes „Königsberg“ angewendet worden sind. Hierbei sei erwähnt, daß das Motorschiff „Königsberg“ von Ende September 1924 bis Ende Juni 1925 insgesamt 36 000 Seemeilen zurückgelegt hat, hierunter eine Strecke von 10 842 Seemeilen von Antwerpen nach Fremantle in 36 Tagen, ohne einen Hafen anzulaufen und ohne die Maschinen zu stoppen.

Ruderfläche $F = 7{,}83\ m^2$
Raddruck nach Weißbach bei 40° Ruderwinkel 4065 kg
Flossenfläche $f = {}^1/_8\, F = 0{,}98\ m^2$
Rudermoment 220 000 cmkg
Balance 33 vH
Abstand des Schwerpunktes der Ruderfläche hinter der Drehachse 540 mm
Abstand des Schwerpunktes der Ruderfläche unter Unterkante Ruderbock 1670 mm
Abstand des Schwerpunktes der Ruderfläche, von Mitte Radiallager auf Poopdeck 7040 mm
Schiffsgeschwindigkeit 10 Knoten
Gewicht des Ruders ausschl. Gestänge 3540 kg
Gewicht des Ruderschaftes 3000 kg
Gewichtschwerpunkt hinter der Drehachse 0,34 m. Der Hohlraum des Ruders wird mit Kork oder Zement ausgefüllt. Verdrängung des Ruders einschl. Flosse auf Außenkante Platten 1,59 m³
Material: Ruderschaft aus geschmiedetem Siemens-Martin Stahl, den Bedingungen des Germanischen Lloyd entsprechend, Bleche und Winkel aus Siemens-Martin-Stahl, Kugellagergehäuse Stahlguß, Schaftschuh im Ruder aus Stahlguß, Führungsring im Ruder oben Stahlguß
Vernietung: Ruderschacht 19 mm, Entfernung rd. 4 d; übrige Beplattung 16 mm, Entfernung rd. 4 d; übrige Gußstücke 22 mm

Abb. 7 bis 13. Gesamtanordnung des Flettner-Ruders.
a Notsteuer *b* Hauptnotsteuerapparat *c* Gallsche Kette *d* Schneckengetriebe *e* ausrückbares Ritzel Notsteuerzahnrad.

Hilfsmaschinen.

Zum Betrieb der Hilfsdeckmaschinenanlage sowie der Beleuchtung sind auf „Sorrento“ und „Amalfi“ zwei Dieseldynamos der Bauart Weser/MAN, ausgeführt von der A. G. „Weser“, aufgestellt, die bei 350 Uml./min je 50 kW leisten. Die Dieselmotoren sind kompressorlose Vierzylinder-Viertaktmotoren auf gemeinsamer Grundplatte mit den

Luftpumpe
Pumpenseite
Schwungradseite
Flur
248 985 1120 1120 910 450

Abb. 14 bis 16. Einfachwirkende

Dynamos. Abb. 26 bis 28 zeigen den Aufbau dieser Maschinen. Die Spannung dieser Primäranlage beträgt 220 V. Weiter ist eine Hafendynamo von 7 kW bei 110 V Spannung vorhanden. Das Kraftnetz arbeitet mit 220 V, die Beleuchtungsanlage mit 110 V über einen Motorgenerator von 7 kW.

An Hilfsmaschinen sind vorhanden: ein elektrisch angetriebener Hilfsverdichter von 150 m³/h Leistung, zur Unterstützung des Hauptverdichters; eine Aushilfs-Kühlwasserpumpe, die als Kreiselpumpe ausgebildet ist, und eine Zahnradschmierölpumpe als Aushilfe. Beide Pumpen werden von einem gemeinsamen Elektromotor angetrieben, Abb. 29; eine elektrisch angetriebene Kolbenpumpe von 50 m³/h Leistung, die zur Übernahme des Brennstoffes und zu seiner Förderung aus den einzelnen Zellen nach den Tagestanks dient.

Abb. 26 bis 28. Kompressorloser Vierzylinder-Viertaktmotor, Bauart Weser/MAN. M. rd. 1 : 20.

Viertakt-Ölmaschine von 1050 PS$_e$ der Bauart Weser/MAN.

Abb. 20 bis 25. Während der Abnahmeprobefahrt des Schiffes aufgenommene Diagramme.

Der Brennstoff kann auf beiden Bordseiten übergenommen werden. Sämtliche Brennstofftanks sind mit Überlaufleitungen versehen, die auch für die Entlüftung dienen und nach einem mittschiffs liegenden Expansionstank führen. Der Inhalt der Doppelbodentanks wird durch Peilen festgestellt, jener der Hochtanks und des Expansionstanks durch Peilen und durch pneumatische Ölstandanzeiger. Der Expansionstank ist mit einer elektrischen Alarmvorrichtung versehen, die in Tätigkeit tritt, sobald das Öl über den zulässigen Stand steigt. Die beiden Brennstofftanks sind so bemessen, daß der Brennstoff 24 Stunden lang abstehen kann.

Abb. 30 bis 32. Duplex-Kolbenpumpe. M. 1 : 25.

Abb. 29. Aushilfs-Kühlwasserpumpe und Zahnrad-Schmierölpumpe.

Abb. 19.

Abb. 17 bis 19. Schiffsdieselmaschine für das Motorschiff „Sorrento“ auf dem Prüfstand der A.-G. „Weser“.

Abb. 18.

Abb. 17. Manövrierstand.

Abb. 35.

Abb. 36.

Abb. 37.

Abb. 38.

Abb. 39.

Abb. 35 bis 39. Anordnung des Motorenraumes. M. 1 : 200.

a Drehvorrichtung
b Kühlwasserpumpe
c Schmierölpumpe
d Maschinenlenzpumpe
e Dieseldynamo mit angehängter Kühlwasser- und Schmierölpumpe
f Hafendynamo mit Notkompressor, angehängter Kühlwasser- und Schmierölpumpe
g Motorgenerator
h Hilfskompressor mit angehängter Kühlwasser- und Schmierölpumpe
i Brennstoffübernahme- und Verbrauchspumpe
k Reserve-Kühlwasserpumpe
l Reserve-Schmierölpumpe
m Kühlwasserfilter
n Heizkessel
o Ballast- und Reserve-Lenzpumpe
p Lenz- und Feuerlöschpumpe.

Abb. 33 und 34. 5 t-Ladewinde mit elektrischem Antrieb. M. 1 : 30.

Als Ballast- und Aushilfslenzpumpe dient eine durch Elektromotor angetriebene Duplex-Kolbenpumpe von 100 t/h Leistung bei 40 Uml./min der Kurbelwelle. Für Lenz-, Feuerlösch- und Deckwaschzwecke ist eine Duplexkolbenpumpe nach Abb. 30 bis 32 vorhanden, die von einem regelbaren Elektromotor angetrieben wird und bei 70 Doppelhüben in einer Minute etwa 30 m³/h leistet. Den mechanischen Teil aller Kolbenpumpen hat die A. G. „Weser" gebaut. Zur Förderung des Trinkwassers aus dem Doppelbodentank nach dem Trinkwasserverbrauchtank auf dem Hauptdeck ist eine elektrisch angetriebene Kreiselpumpe in Bronzeausführung von 3 m³/h Leistung vorhanden.

Für die Heizung der Wohnräume, des Motorenraumes und des Wellentunnels ist ein stehender Zylinderkessel mit Feuerbüchse und Siederohren von 10 m² Heizfläche und 4 at Betriebsdruck aufgestellt, dessen Ölfeuerung nach der Bauart der A. G. „Weser" ausgeführt ist. Das Öl kann durch Druckluft oder durch Dampf zerstäubt werden. Zum Speisen des Kessels dienen eine durch Dampf oder Druckluft zu betreibende Duplexpumpe und eine Handpumpe. Das Kondensat der Dampfheizung und der Abdampf der Speisepumpe werden nach einem Auspufftank geleitet, der als Schwimmertank für die Speisepumpe ausgebildet und mit einer Kühlschlange versehen ist.

In die Auspuffleitungen der Dieselmotoren sind Anwärmschlangen zum Bereiten von warmem Frischwasser für Waschzwecke eingebaut. Für die Kühlung des Mundvorrates dient eine kleine Ammoniak-Kühlanlage, deren Verdichter im Maschinenschacht angeordnet ist. Der Kühlschrank ist in einem besonderen Raum auf dem dritten Deck untergebracht.

Die sämtlichen Decksmaschinen, acht Ladewinden und ein Ankerspill haben elektrischen Antrieb, der durch Stromregler eingeschaltet wird. Die Winden haben doppeltes Vorgelege und 1,66 sowie 5 t Tragkraft. Zwei Winden sind als Verholwinden mit außenliegendem Spillkopf und Zwischenlager ausgeführt. Den mechanischen Teil der Winden hat die A.-G. „Weser" ausgeführt, Abb. 33 und 34.

Die Gesamtanordnung des Motorenraumes geht aus Abb. 35 bis 39 hervor, worin auch die nicht besonders erwähnten Hilfsmaschinen und Einrichtungen ersichtlich sind. [B 590]

Sicherheitsarmaturen für Dampfbetriebe.

Ing. Pailliart, Hannover, zeigt in der Zeitschrift „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) Nr. 5, wie wärmewirtschaftlich vervollkommnete Dampfanlagen mit Kesselgruppen von verschiedener Spannung (Zweidruckbetrieb), mehreren Verbrauchsstellen für verschiedenen Druck sowie Speicher und Abdampfverwertung durch geeignete Armaturen betriebs- und wärmetechnisch vorbildlich eingerichtet werden.

Damit zwei Kesselgruppen von verschiedener Spannung zuverlässig zusammenarbeiten, muß man ein Überström- und Druckbegrenzungsventil, Abb. 1, einbauen, das so lange Dampf überströmen läßt, als der eingestellte Überströmdruck in den Hochdruckkesseln überschritten wird und der höchste Betriebsdruck in den Niederdruckkesseln oder im Speicher noch nicht erreicht ist, sonst aber aber geschlossen bleibt. Mittels einer dritten Regelung läßt es außerdem Dampf überströmen, sobald der geringste zulässige Speicherdruck erreicht ist.

Abb. 1.
Überström- und Druckbegrenzungsventil.

I Regelventil für Überströmdruck
II Regelventil für oberen Grenzdruck
III Regelventil für unteren Grenzdruck

b Einsitziger Hauptkegel *d* Einsatzbüchse *f* Arbeitskolben *g* Bohrung zum Bremsraum *h* Bremsraum *n* Bohrung zur Ausnehmung um die Kolbenführung *o* Kolbenführung *r* Dampfraum *s* Abströmkanal *t* Entlastungsraum *v* Membran.

Soll der Niederdruck einer Dampfanlage unabhängig vom schwankenden Hochdruck und Verbrauch auf gleicher Höhe erhalten werden, damit die angeschlossenen Maschinen, Trockner usw. unter den wirtschaftlichsten Betriebsverhältnissen arbeiten, so baut man Druckminderventile mit Dampfsteuerung ein, die das Ansteigen des Niederdrucks bei zunehmendem Hochdruck oder bei geringem oder unterbrochenem Verbrauch verhindern und besondre Sicherheitsventile ersparen.

Die Verwertung von Abdampf zu Heiz-, Trocken-, Koch- und andern Zwecken, die mit der Erkenntnis des damit erreichbaren wirtschaftlichen Erfolges zugenommen hat, setzt voraus, daß stets ausreichende Dampfmengen verfügbar sind und jede schädliche Erhöhung des Gegendruckes vermieden wird. Um Gleichmäßigkeit des Gegendruckes zu erzielen, baut man einen Abdampfdruckregler mit Frischdampfzusatzventil ein.

Wo ungleich gespannte Kessel verbunden werden, schreiben die Behörden Rückschlagventile vor, auch bei Speicher-, Gegendruck-, Anzapfdampf- und andern Anlagen ergibt sich oft die Notwendigkeit, Rückschlagventile einzubauen. Zum Schutz gegen die Folgen von Rohr- und Kesselbrüchen baut man in vielen Dampfbetrieben Selbstschlußventile ein, die auch als Absperrventile dienen. Die Handhabung dieser Ventile beschränkt sich auf das Betätigen der Absperrspindel und auf gelegentliche Prüfung der Beweglichkeit der Selbstschlußkegel, die ohne Stopfbüchsen nach außen geführt sind und von außen gehoben und eingestellt werden können. Der nach Selbstschluß des Ventils abströmende Dampf kann durch eine Hilfsleitung unter die Steuerkolben der Rohrbruchventile der mitarbeitenden Kessel geführt werden, wodurch diese Ventile geschlossen werden, falls sie sich nicht schon selbst geschlossen haben.

Um den Druckabfall in Dampfleitungen zu beschränken, verwendet man immer mehr Dampfschieber, welche die Vorteile der Schieber mit jenen guter Ventile vereinigen und für Hochdruck- und Heißdampf sowie für Druckwasser und andre hochgespannte Druckmittel gleich gut geeignet sind. Den Wasserstand hochgebauter Kessel machen neuere Wasserstandfernanzeiger an leicht zugänglicher Stelle nahe dem Heizerstand ablesbar. [M 367]

Die Dieselmaschine in Amerika.

Von Prof. Dr.-Ing. A. Nägel, Dresden.

(Fortsetzung S. 1087.)

Im Zusammenhange mit der De La Vergne Company und der Falk Corporation sei auf den Dieselmaschinenbau der Fulton Iron Works in St. Louis, Mo., hingewiesen. Diese Firma baut seit längerer Zeit normale Viertaktdieselmaschinen von mittlerer Größe und ist in neuerer Zeit dazu übergegangen, eine neue Maschinenart auszubilden, die sich aus dem Price-Verfahren heraus entwickelt hat.

Die normalen Dieselmaschinen dieser Fabrik haben einige bemerkenswerte Einzelheiten, die sich auf die Schmierung und die Kühlung beziehen. Um die Brennstoffnadel vor dem Hängenbleiben zu schützen, hat man ihre Führungsbüchsen, Abb. 87, aus einem einzigen Stück gebohrt, das am oberen Ende die Packung enthält und mit dem untern Ende bis dicht an den Nadelkegel heranreicht. Die unvermeidliche geringe Undichtheit der Packung, innerhalb deren die Gefahr des Hängenbleibens der Nadel am größten ist, veranlaßt, daß geringe Mengen des Brennstoffluftgemisches zwischen Nadel und Führungsbüchse emporsteigen. Die auf diesem Weg in das Gebiet der Packung gelangenden Brennstofftröpfchen wirken als Schmiermittel und verhindern das Hängenbleiben, was sich in langer Erfahrung bestätigt hat.

Weiterhin ist der Nadelhub von der Reglerstellung abhängig, was die Regelung des Druckes der Einspritzluft nach Maßgabe der Belastung mehr oder weniger überflüssig macht. In den Deckelkühlwasserraum ist für den Brennstoffnadeleinsatz kein besonderer Stutzen eingegossen. Man hat sich, um das Deckelgußstück zu vereinfachen, mit einem dicht eingesetzten Rohrstück begnügt, das den Brennstoffnadeleinsatz aufnimmt.

Bei der Wasserkühlung des Kolbenbodens durch Posaunenrohre, Abb. 88 und 89, hat man dem Abstreifen von Schmieröltropfen besonderes Augenmerk zugewandt, damit sich diese nicht mit dem Kühlwasser vermischen und dadurch verloren gehen können. Das äußere Standrohr trägt am oberen Ende eine Hartholzbüchse mit zwei radialen Schlitzen, die sich federnd an das auf- und abgleitende innere Posaunenrohr anlegt und das abgestreifte Öl in den Ringraum zwischen den beiden Rohren leitet, an dessen tiefster Stelle es durch eine besondere Leitung abgeführt wird.

Die Schmierung aller Triebwerkteile einer Zweizylindermaschine mit Kompressor zeigt Abb. 90. Die Schmierung erfolgt aus einem etwa 5 m hoch über der Maschinenhausflurhöhe aufgehängten Ölbehälter. Der hierdurch gewonnene hydrostatische Druck reicht für alle Schmierstellen aus, außer für den Kolbenzapfen, der höheren Öldruck braucht. Deshalb ist für jeden Kolbenzapfen eine besondere Schmierpumpe vorhanden, die vom Kolben selbst innerhalb der untersten 3 bis 4 mm seines Hubes betätigt wird. Der obere Teil dieser Schmierölpumpe, Abb. 91, ist am Kolben befestigt, über dessen Unterkante er um einige Zentimeter nach unten hervorragt. Er bildet das untere Ende der Schmierölleitung, die zum Kolbenzapfen führt. Unmittelbar über der Bohrung seiner Bodenfläche befindet sich ein federbelastetes, sich nach oben öffnendes Ventil, das kein Öl zurücktreten läßt, das in das Rohr gefördert wurde. Der zweite untere Teil ist an einem Vorsprung des Maschinengestells befestigt und kann in der Höhe genau eingestellt werden. Unten ist dieser Teil an die Schmierölleitung angeschlossen, die aus dem Hochbehälter durch Vermittlung eines Tropfenzählers gespeist wird, und er besteht im wesentlichen aus einem Pumpenzylinder, worin ein axial durchbohrter, eingeschliffener Kolben durch eine Schraubenfeder nach oben gedrückt wird, bis er sich gegen die Kegelfläche des im Pumpenzylinder festgehaltenen Druckventils anlegt.

Die beiden Teile der Vorrichtung sind so eingestellt, daß die Unterfläche des Oberteils sich wenige Millimeter vor der unteren Totlage des Arbeitskolbens auf die obere Stirnfläche des Unterteils gleichmäßig auflegt. Hierdurch wird eine vorübergehende, hinreichend dichte Verbindung zwischen den Bohrungen der beiden Teile hergestellt. Bis zur unteren Totlage wird der Pumpenkolben vom Arbeitskolben mitgenommen. Da wegen der Rückschlagventile im Tropfenzähler kein Öl in die Zuführungsleitung zurücktreten kann, wird gegebenenfalls unter hohem Druck eine dem Hub des Pumpenkolbens entsprechende Ölmenge in die Schmierleitung des Kolbenzapfens gefördert. Beim Aufwärtsgang des Pumpenkolbens bleibt die innige Berührung der beiden Teile unter dem Einfluß der Pumpenkolbenfeder bestehen, bis sich der Kolben an die Kegelflächen des feststehenden Druckventils anlegt. Bis zu dieser Kolbenstellung wird der freigewordene Pumpenraum mit Öl aus dem Tropfenzähler nachgefüllt. Am Schauglas des Tropfenzählers kann man das rhythmische Spiel der Ölabsaugung jederzeit beobachten und erkennen, ob diese Druckschmierung des Kolbenzapfens ordnungsgemäß wirkt.

Der Leiter der Dieselmaschinen-Abteilung der Fulton Iron Works, der Deutsche R. Hildebrand, hat sich in neuester Zeit mit kompressorloser Einspritzung befaßt und sich zur Aufgabe gemacht, das Price-Verfahren dadurch zu verbessern, daß er die wassergekühlten Begrenzungsflächen des Verbrennungsraumes verkleinert. Nach seiner

Abb. 87. Führung und Steuerung der Brennstoffnadel bei den Dieselmaschinen der Fulton Iron Works.

Auffassung[1]) sind zwei Arten der kompressorlosen Dieselmaschine zu unterscheiden; die eine arbeitet mit heftiger Durchwirbelung des verdichteten Luftinhalts des Verbrennungsraumes, während die andere auf diese heftige Durchwirbelung verzichtet und ihre Wirkung durch andere Maßnahmen zu ersetzen sucht. Für die erste Gruppe führt er die Price-Maschine und die Verdrängermaschine der Motorenfabrik Deutz (Gunther-Maschine) als Beispiele an, während die zweite Gruppe durch die Maschinen von Vickers und von Steinbecker vertreten wird.

Hildebrand entschied sich für die zweite Art; er verzichtet also auf heftige Wirbelbildung, ohne jedoch als Ersatz für die Durchwirbelung die Vorkammerzerstäubung anzuwenden. Die Wirbelerzeugung lehnt er ab, weil damit erfahrungsgemäß ein gesteigerter Wärmeübergang an das Kühlwasser, also eine Beeinträchtigung des thermischen Ausbringens, verbunden sei. Ähnliche Nachteile habe auch die Vorkammer, weil sie die gekühlten Flächen vergrößere.

Auf Grund dieser Erwägungen entwickelte Hildebrand eine Versuchsmaschine, deren Verbrennungsraum dem der Price-Maschine mit den beiden ihr eigentümlichen Einspritzdüsen angepaßt werden und nur die Abweichung aufweisen sollte, daß der Kolbenboden selbst die untere Fläche des Verbrennungsraumes bildet. Für die Maschine wurde Drillingsbauart gewählt. Der Drilling sollte bei 343 mm Zyl./Dmr., 485 mm Hub und 257 Uml./min $200 PS_e$ leisten, was einem mittleren wirksamen Kolbendruck von 5,18 at entspricht. Man hoffte, daß die Maschine ohne Schwierigkeiten 20 vH Mehrleistung entwickeln würde.

Abb. 92 bis 94 zeigen die erste Entwicklungsstufe der Versuchsmaschine, wobei die Maschine jedoch nur bis zu einem mittleren nutzbaren Kolbendruck von rd. 2,5 at rauchfrei arbeitete. Den Grund dieses Mißerfolges er-

[1]) Vorgetragen am 4. Dezember 1924 in der Sitzung der Diesel-Abteilung der American Society of Mechanical Engineers: „Solid-Injection Oil Engines", Mechanical Engineering Bd. 47 (1925) S. 261.

RZ 436 Z 88

Abb. 88 und 89. Wasserkühlung des Kolbenbodens durch Posaunenrohre.

blickte Hildebrand in der mangelnden Wirbelung; bestärkt wurde er durch Versuche, die er unter Ausschaltung einer der beiden Price-Düsen anstellte. Diese Versuche lehrten durch die Flammenbilder, die sich auf dem Kolbenboden abzeichneten, daß der Brennstoffstrahl einer Düse nicht nur bis zur Kolbenmitte, sondern beinahe bis zur gegenüberliegenden Zylinderwand vordringt, so daß man durch Anwendung entsprechend größerer Düsen dieselbe Leistung wie mit den beiden Düsen erreichen konnte. Hieraus mußte geschlossen werden, daß sich bei der Price-Einspritzung die beiden Brennstofftropfenstrahlen in der Mitte des Verbrennungsraumes gegenseitig durchdringen und sich dort so übermäßig viele Brennstoffteilchen anhäufen, daß nur heftige Wirbelung, wie in der gewöhnlichen Price-Maschine, ausreichende Luftmengen mit den Brennstoffteilchen in Berührung bringt und rauchfreie Verbrennung ermöglicht.

Um diese Wirkung entbehrlich zu machen, stellte Hildebrand die beiden Brennstoffdüsen so, daß sich ihre Strahlenkegel nebeneinander legen und sich an keiner Stelle durchdringen. Der Kolben erhält zwei nebeneinanderliegende kegelförmige Mulden, Abb. 95 bis 98, deren Innenraum sich der Strahlenform möglichst vollkommen anpaßt. Der erste Versuch ergab sofort einen mittleren wirksamen Kolbendruck von etwa 5 at, der sich jedoch ohne rauchenden Auspuff nicht weiter steigern ließ.

Eingehende Studien lenkten dann die Aufmerksamkeit auf die Wirkungsweise der Brennstoffpumpe, deren Kolben bisher durch einen mit der Steuerwelle umlaufenden Nocken angetrieben wurde. Die Untersuchung der Geschwindigkeit des Pumpenkolbens ließ erkennen, daß die wirksame Förderung mit der Geschwindigkeit Null anhebt und etwa proportional mit dem Drehwinkel der Steuerwelle bis zum Höchstwert anwächst. Hiernach war die Brennstoffzerstäubung durch die Düse, deren Bohrungen

RZ 436 Z 91

Abb. 91. Vom Kolben betätigte Schmierölpumpe für das Kolbenzapfenlager.

RZ 436 Z 92-94

Abb. 92 bis 94. Versuchsmaschine von Hildebrand, erste Entwicklungsstufe.

RZ 436 Z 90

Abb. 90. Schmierung der Triebwerkteile einer Fulton-Zweizylinder-Dieselmaschine mit Kompressor.

im wesentlichen auf die höchste Kolbengeschwindigkeit hin bemessen waren, im Anfang der Brennstofförderung durchaus ungenügend.

Diese Überlegung führte zu einer Änderung des Brennstoffpumpenantriebes; in unmittelbarer Kupplung mit der Hauptkurbelwelle bewegt sich mittels je eines Exzenters für jede Brennstoffpumpe ein Gleitstein auf und ab, der kurz vor der Mitte seines Aufwärtsganges gegen das untere Ende des Tauchkolbens stößt und diesem sofort die Höchstgeschwindigkeit erteilt. Das Ende der Förderung bestimmt ein in Abhängigkeit vom Regler betätigtes Rückflußventil. Zur Verringerung der Härte des Stoßes gegen den Pumpenkolben dient ein Polster aus einigen Tropfen Öl, das vor jedem Zusammenprall der Teile von der Druckschmierung aus erneuert wird und sich als ein einfachster Ölpuffer hervorragend bewährt hat. Ferner wurde zu dem gleichen Zwecke die Masse des Pumpenkolbens soweit wie möglich vermindert. In dieser Richtung wirkt z. B. auch, daß die Bohrung des Kolbens, Abb. 99, als Saugleitung und zur Aufnahme des Saugventils benutzt wird.

RZ 436 Z 95–98

Abb. 95 bis 98. Versuchsmaschine von Hildebrand, zweite Entwicklungsstufe

Auf diese Weise wird innerhalb eines weiten Bereichs des Kurbelwinkels eine nahezu konstante Geschwindigkeit des Pumpenkolbens — etwa 0,34 bis 0,38 m/s, reduziert auf 100 Uml./min — erzielt, so daß die Düsen dieser Geschwindigkeit angepaßt werden können und während der ganzen Einspritzdauer günstige Zerstäubung bewirken, wobei ihre Bohrung rd. 0,8 mm beträgt. Dem Nachteil, daß die Pumpe in Abhängigkeit von der Kurbelwelle im Zweitakt angetrieben werden muß, damit die Steuerwelle vom stoßweisen Pumpenantrieb verschont bleibt, wird dadurch begegnet, daß ein gesteuertes Rückflußventil jeden zweiten Pumpenhub wirkungslos macht.

Besondere Aufmerksamkeit wurde ferner der Zusammendrückbarkeit des Brennstoffes zugewendet. Sie

RZ 436 Z 101

Abb. 101. Brennstoffdüse der Hildebrand-Maschine.

RZ 436 Z 102–104

Abb. 102 bis 104. Ursprüngliche und verbesserte Ausführungsform des Brennstoff-Rückschlagventils der Hildebrand-Maschine.

RZ 436 Z 99 u 100

Abb. 99 und 100. Brennstoffpumpe der Hildebrand-Dieselmaschine.

Abb. 105. Außenansicht mit den kennzeichnenden großen Glaswänden.

Abb. 106. Bearbeitungswerkstatt für Dieselmaschinen.

Abb. 107. Zusammenbau von Dieselmaschinen.

Abb. 105 bis 107. Werkstätten der Mc. Intosh & Seymour Corporation.

äußert sich im Nachtropfen, wenn sich nach Unterbrechen der Pumpenförderung der vorher zusammengepreßte Brennstoff nicht schnell genug durch das Rückströmventil ausdehnen kann. Aus diesem Grunde hat man den gesamten Ölinhalt vom Pumpenkolben bis zur Einspritzdüse aufs knappste bemessen. Ferner ist das Rückströmventil **hinter** dem Druckventil der Pumpe in die Ölführung eingeschaltet, und an die Rückströmleitung sind dicht hinter dem Rückströmventil zwei windkesselartige Bohrungen angeschlossen, Abb. 100, die das rückströmende Öl sofort ohne wesentlichen Widerstand aufnehmen und für einen plötzlichen Druckabfall im Anschluß an die Betätigung des Rückströmventils sorgen, wodurch plötzlicher Schluß des Rückschlagventils im Düseneinsatz gesichert und das Nachtropfen vermieden wird.

Weiterhin ist das unbedingt dichte Schließen des Rückschlagventiles im Düseneinsatz, Abb. 101, wichtig. Die Erfahrung lehrte, daß dieses Rückschlagventil naeh kürzeren Betriebszeiten undicht wurde und dadurch zum Nachtropfen und zu rauchigem Auspuff Veranlassung bot. Diese Betriebsunsicherheit erklärte sich durch mangelhafte Bauart des Rückschlagventiles, dessen Führungsschaft mit drei Führungsleisten versehen war. Man stellte fest, daß das fast wagerecht liegende Ventil so lange dicht hielt wie eine der Führungsleisten, Abb. 102, unterhalb der Ventilachse lag und das Ventil abstützte. Drehte sich das Ventil um 60° aus dieser Lage, Abb. 103, so genügte schon das zum leichten Arbeiten des Ventils erforderliche radiale Spiel der Führungsleisten, um das Ventil durch Schrägstellung zum Sitz undicht werden zu lassen. Durch Vermehrung der Führungsleisten, Abb. 104, ist dieser Mangel beseitigt worden.

Der Konstrukteur hatte schließlich den schönen Erfolg, alle auf die Verbesserung der Brennstoffförderung verwandte Mühe durch das Steigen des mittleren wirksamen Kolbendruckes einer Maschine auf nahezu 7,5 at belohnt zu sehen. Dieser Erfolg hat durch die Planmäßigkeit der schrittweise erzielten Fortschritte und durch seine Bewährung an der ausgebauten Dreizylindermaschine das Vertrauen auf die Entwicklungsfähigkeit dieser Maschinenart so gestärkt, daß man beabsichtigt, das Verfahren bei einer Zweitaktmaschine anzuwenden, die mit einer Spülpumpe für die 1,5fache Luftmenge ausgestattet werden soll.

Die Firma **Mc. Intosh & Seymour Corporation** in Auburn, N. Y., beschäftigt sich ausschließlich mit der Herstellung von Dieselmaschinen und hat sich durch musterhafte Werkstattarbeit einen sehr guten Ruf erworben. In

Abb. 108. Dieselmaschinenzylinder mit Kurbelkammerspülung von Fairbanks Morse & Co.

Abb. 109. Sechszylinder-Dieselmaschine von 300 PS_e von Fairbanks, Morse & Co.

konstruktiver Beziehung bieten die dort ausgeführten Maschinen für den deutschen Dieselmaschinenbau nichts wesentlich Neues. Daß diese Firma nur Viertaktmaschinen ausführt und bisher grundsätzlich die kompressorlose Einspritzung und das Aufladen zur Leistungssteigerung ablehnt, läßt im deutschen Besucher manche Erinnerungen an den Vorkriegsstand des Dieselmaschinenbaues in manchen heimischen Fabriken lebendig werden. Wenn ich die gesamte amerikanische Entfaltung des Dieselmaschinenbaues in Betracht ziehe, glaube ich nicht, daß diese einzige Firma auf die Dauer imstande sein wird, ihre Grundsätze gegenüber der beherrschenden Rolle der Anschaffungskosten und der Einfachheit der Bedienung zu behaupten. Bis zu 560 mm Dmr. werden die Kolben ungekühlt ausgeführt. Die Steuerwelle wird meist durch Kegelräder, seltener durch Schraubenräder angetrieben.

Die Fabrik hat eine große Sechszylinder-Schiffsmaschine mit 711 mm Zyl.-Dmr. und 1219 mm Hub gebaut, deren Steuerung der von Burmeister & Wain außerordentlich ähnelt. Die große Maschine steht anscheinend seit längerer Zeit in der Ecke der Montagehalle, ohne verkauft zu sein. Die Werkstätten, Abb. 105 bis 107, mit ihren großen Glaswänden, ihrer Lichtfülle, ihrer musterhaften Ordnung und Sauberkeit, haben auf mich einen großen Eindruck gemacht.

Die Busch-Sulzer Bros. Diesel Engine in St. Louis, Mo., die zu Gebr. Sulzer in Winterthur in Beziehung steht, baut außer kleineren Viertaktmaschinen auch die Sulzersche Zweitakt-Dieselmaschine, ohne jedoch bisher so große Ausmaße der Maschinen wie die Winterthurer und Ludwigshafener Werke erreicht zu haben. Die Einzelteile sind amerikanischen Herstellungsgepflogenheiten angepaßt. Eine bemerkenswerte Neuerung bildet das Jalousieventil der Spülpumpe, ein jalousieartig aus Lamellen zusammengesetztes Klappenventil. In geschichtlicher Hinsicht ist die älteste amerikanische Dieselmaschine im Kraftwerk der Fabrik von hohem Interesse; sie bildet wegen der Anordnung der Ventile in einem seitlichen Zylinderkanal einen für unser Auge ganz ungewohnten Maschinentyp, liefert jedoch auch hinsichtlich der Größe einen Beweis für die Tatkraft, mit der die Fabrik seinerzeit den Dieselmaschinenbau aufnahm.

Von größtem Wert war für mich der Besuch der Firma Fairbanks, Morse & Co. in Beloit, Wis., die in bezug auf Massenherstellung von kleineren und mittelgroßen Dieselmaschinen, Halbdieselmaschinen und ortfesten Vergasermaschinen auf der Erde wohl kaum ihresgleichen hat. Die erst um die Mitte des vergangenen Jahres in Betrieb genommene neue Fabrik ist in einem großen Gebäude für die tägliche Erzeugung von 700 kleineren Motoren eingerichtet. Für diese gilt der Grundsatz, daß ein Maschinenteil, der in der Tag und Nacht arbeitenden Gießerei gegossen wurde, von diesem Zeitpunkt an gerechnet in längstens 48 Stunden das Werk verlassen, also fertig bearbeitet, in die Maschine eingebaut, gestrichen und lackiert, und schließlich verpackt den Weg zur Verladestelle gefunden haben muß. Nur durch solche Methoden — sagte man mir — sei man imstande, mit dem Betriebskapital so zu sparen, daß man

Abb. 110. Prüfstand der Zweizylindermaschinen von 100 PS_e der Firma Fairbanks, Morse & Co., Beloit, Wis.

trotz hoher Löhne billige Maschinen auf den Markt bringen könne.

Die größeren Ölmaschinen, die in besonderen Werkstätten erzeugt werden, standen zur Zeit meines Besuches in der Umschaltung auf einen neuen Typ. Die Glühkopfmaschine wird verlassen und soll einer Zweitakt-Dieselmaschine mit Kurbelkammerspülung das Feld freigeben. Diese neue Dieselmaschine, Abb. 108, ist eine Vorkammermaschine mit bemerkenswert weitem Hals zwischer der gekühlten Vorkammer und dem Verbrennungsraum. Sie wird mit Zylindern von 305 und 356 mm Dmr. und 381 bezw. 432 mm Hub gebaut und leistet bei 300 bezw. 257 Uml./min 37,5 bezw. 50 PS_e. Diese Leistungen entsprechen mittleren wirksamen Kolbendrücken von 2,05 und 2,07 at. Es verlautet, daß neuere Versuche höhere mittlere Kolbendrücke ermöglicht haben. Mit dem kleineren Zylinder werden Ein- und Zweizylindermaschinen, mit dem größeren Ein-, Zwei-, Drei-, Vier- und Sechszylindermaschinen geliefert, womit sich 37,5; 50; 75; 100; 150; 200 und 300 PS ergeben.

Die konstruktive Durchbildung der Maschine zeigt in jedem Einzelteil die Merkmale der Großreihenherstellung; in den Katalogen sind alle Einzelteile wie bei einer Nähmaschine bezeichnet, was die Nachbestellung abgenutzter Stücke erleichert. Die Maschinen mit größeren Zylindern haben:

Kurbelzapfenlager:	Durchmesser:	203 mm
	Länge:	190 „
Kolbenzapfenlager:	Durchmesser:	159 „
	Länge:	187 „
Hauptlager:	Durchmesser:	203 „
	Länge:	229 „
Düsendurchmesser:		1,98 mm.

Nach mir vorliegenden Indikatordiagrammen arbeitet die Maschine mit einem Enddruck der Verdichtung von rd. 34,5 at. Der höchste Verbrennungsdruck ist nur unwesentlich höher. Der Brennstoffverbrauch beträgt nach Prüfstandprotokollen bei Nennlast etwa 187 bis 200 g/PS_eh. An der Sechszylindermaschine von 300 PS_e, Abb. 109, ist die Anbringung der Brennstoffpumpe am vorderen Wellenende zu erkennen. Die Regelung erfolgt durch Beeinflussung des Saugventils der Brennstoffpumpe mittels eines Achsreglers. Von der Massenherstellung des Werkes gibt der Prüfstand für Zweizylindermaschinen von 100 PS_e, Abb. 110, ein zutreffendes Bild (Schluß folgt). [B 436]

Regelbare Laufkatze.

Von Prof. E. C. Karch.

Wirkungsweise einer neuartigen Laufkatze, deren Hubwerk unter Verwendung rein mechanischer Mittel die Geschwindigkeit beim Heben und Senken der Last weitgehend zu regeln gestattet.

Bei vielen Kranen, besonders in Gießereien und Montagehallen, ist eine der Hauptbedingungen des Betriebes das langsame Anheben und Absetzen der Last. Solche Krane müssen z. B. die Bedingung erfüllen, daß beim Einsetzen von Kernen oder beim Herausheben von Walzen aus den Walzenständern oder beim Einbau von Maschinenteilen ein ganz langsames Arbeiten möglich ist. Zu diesem Zweck müssen die Krane mit einer niedrigeren Hubgeschwindigkeit ausgeführt werden, als es der Wirtschaftlichkeit des Betriebes entsprechen würde. In den weitaus meisten Fällen, vielleicht bei 95 vH aller Fälle, könnte man eine bedeutend höhere Geschwindigkeit gebrauchen, die aber wegen der Rücksichtnahme auf die vorgenannten Einzelfälle nicht zur Ausführung kommen kann. Für viele Betriebe wäre es wertvoll, festzustellen, wieviel Zeit tatsächlich durch das Herumstehen der Arbeiter verloren geht, lediglich weil die Geschwindigkeit des Kranes zu gering ist. Um diese Nachteile zu vermeiden, führt man viele Krane mit zweifacher Hubgeschwindigkeit oder auch mit einer Hilfswinde aus. In letzterem Falle spart man sich wohl das Umschalten; man hat jedoch in beiden Fällen weiter nichts als zwei Geschwindigkeiten und weiterhin den Nachteil, daß der Kranführer, weil er das Gewicht der Last gewöhnlich nicht kennt, mit weit höheren Lasten arbeitet, als zulässig ist, und damit den gesamten elektrischen Teil gefährdet. Mit einer neuen Laufkatze[1]) und ihrer im folgenden beschriebenen Regelvorrichtung kann jede Last, und zwar mit jeder beliebigen Geschwindigkeit, die man bis zu einem Höchstwert allmählich steigert, gehoben und gesenkt werden.

Ein eingebautes Ausgleichgetriebe ermöglicht, die angetriebenen Teile wechselweise anzuhalten oder beide Teile zu gleicher Zeit laufen zu lassen. Abb. 1 zeigt ein solches Getriebe in Stirnradausführung in Verbindung mit einer Lasttrommel. Der treibende Teil ist hier das Zentralritzel *a*, das auf der Motorwelle aufgekeilt und gleichzeitig mit der Scheibe für die elektrische Bremse

[1]) Patent Bury-Humboldt DRP Nr. 411 659 Klasse 35c.

Abb. 2. Schema der Steuerung.
a Bremsgewicht *b*, *c* Bremsscheiben
d Seilzug.

Abb. 1. Ausgleichgetriebe in Stirnradausführung **in Verbindung** mit einer Lasttrommel.
a **Zentralritzel** *d* Planetträger
b **Außenkranz** *e* Welle
c **Planetenritzel** *f*, *g* Bremsscheiben

verbunden ist. Die getriebenen Teile sind der Außenkranz *b* sowie die Planetenritzel *c*, deren Bolzen im Planetträger *d* fest gelagert sind. Dieser Planetträger ist auf der Welle *e* aufgekeilt und so mit der Bremsscheibe *f*, der Außenkranz *b* aber durch Schrauben mit der Bremsscheibe *g* verbunden. Die beiden Bremsscheiben *f* und *g* haben je eine Backenbremse. Wird die Scheibe *g* festgehalten und die Scheibe *f* gelüftet, so wälzen sich die Planetenritzel *c* in dem Kranze *b* ab und die Last wird gehoben oder gesenkt, je nach dem Drehsinn des Antriebmotors. Wird aber die Scheibe *f* festgehalten und die Scheibe *g* gelüftet, so läuft der Motor, ohne daß die Lasttrommel eine Bewegung machen kann. Man hat somit im ersten Falle die größte und im zweiten Falle die kleinste Arbeitsgeschwindigkeit, nämlich Null.

Durch Anziehen der einen und Lösen der anderen Bremse kann man jede beliebige Arbeitsgeschwindigkeit, von Null anfangend bis zu einem Größtwert, erreichen. Es ist jedoch zu bemerken, daß das Abhängigkeitsverhältnis nicht im Gestänge, sondern im Anpreßdruck der Backen liegen muß.

Ohne einwandfreie Lösung dieser Frage wäre die Einrichtung unbrauchbar für solche Windwerke, bei denen Lasten gehoben oder gesenkt werden, weil hier als Hauptbedingung die Freifallstellung unter allen Umständen vermieden werden muß.

Abb. 2 zeigt das Schema der Steuerung. Bewegt man den Handhebel aus Lage *I* nach Lage *II*, so wird das für beide Bremsen gemeinschaftliche Bremsgewicht *a* gehoben und die Bremse für die Scheibe *b* gelüftet, während die Scheibe *c* gebremst wird. Diese Bewegung der Bremsbacken geht so vor sich, daß beim Anheben des Gewichtes *a* durch den Steuer-Seilzug *d* zuerst der tote Gang und der Lüftungsweg der Bremsbacken für die Scheibe *c* bis zum Anliegen beider Backen, also bis Null vermindert wird. Beim weiteren Anziehen des Steuerseiles werden die Bremsbacken an die Scheibe *c* angepreßt und gleichzeitig wird der Anpreßdruck für die Scheibe *b* entsprechend verringert. Das Gewicht *a* wirkt nun auf beide Scheiben zu gleicher Zeit. Eine Erhöhung des Bremsdruckes der einen Scheibe hat stets eine Verminderung des Bremsdruckes für die andre zur Folge und umgekehrt. Da nun jede Bremse in der Lage ist, unter Einwirkung des Bremsgewichtes die Last allein und sicher zu halten, so kann, wie auch der Steuerhebel stehen mag, die Gesamtbremskraft stets das Abstürzen verhindern, und es ist somit keine Freifallstellung mehr vorhanden. Die Last kann auch nicht abstürzen, wenn das Steuerseilchen *d* reißen würde. In diesem Falle hätte man die größte Hub- oder Senkgeschwindigkeit, je nach dem zeitweiligen Drehsinn des Motors.

Durch das Zusammenarbeiten der beiden voneinander abhängigen Bremskräfte, bewirkt durch das Anziehen oder Nachlassen des Steuerseilchens *d*, ist man daher in der Lage, jede Arbeitsgeschwindigkeit in unendlich vielen Abstufungen, sowohl für das Heben als auch das Senken, zu erzielen, und zwar in den Grenzen von der Höchstgeschwindigkeit bis Null.

Jeder Betriebsmann dürfte wohl daraus erkennen, welche Vorteile durch diese Neukonstruktion gegenüber den bisherigen Verhältnissen erzielt werden.

Durch die Einrichtung, daß die Größe der Last selbst die Größe der Bremskraft beeinflußt, d. h. daß eine zwangläufige Abhängigkeit zwischen der Größe der Last und dem Bremsgewicht *a* besteht, die Last also die erforderliche Bremskraft gewissermaßen selbst erzeugt, wird erreicht, daß der Stromverbrauch während der Regelung auf das geringste Maß gebracht wird.

Es ist ein bekannter Übelstand, daß, wenn z. B. eine Last nur ein kleines Stück gehoben oder gesenkt werden soll, der Kranführer dies durch schnelles Ein- und Ausschalten des Stromes zu erreichen sucht. Ein anderes Mittel steht ihm auch nicht zur Verfügung, und durch die andauernd sich wiederholenden Stromstöße werden der Motor, die Schalter und die Widerstände äußerst stark beansprucht und Ausbesserungen am elektrischen Teil notwendig. Diese kleinen Arbeitshübe werden bei der vorliegenden Regelkatze durch Anziehen oder Nachlassen des Steuer-

Abb. 3. Laufkatze (Seitenansicht).

Abb. 4. Laufkatze (Draufsicht).

Abb. 5 und 6. Schematische Anordnung eines Laufkranes.

a Befestigung des Steuerseiles *b* Seilrollen der Laufkatze *c* Trommel *d* Seil zum Führerkorb *e* Kurbel.

seilchens bewirkt. Zu diesem Zweck ist im Führerstand eine kleine Kurbel angebracht, die das Ein- und Ausschalten nunmehr ohne Stromstöße erreichen läßt. Der Hubmotor läuft dabei ruhig weiter. Sogar bei raschestem Ein- und Ausschalten schlägt das Ampèremeter nur ganz unmerklich aus, weil die Massen des Motorankers nicht in Bewegung gesetzt werden müssen. Selbstverständlich ist aber auch der Kranführer in der Lage, in der bisher üblichen Weise mit dem Schalter zu arbeiten, und er wird dies auch in den Fällen tun, wo es auf genauestes Heben und Senken nicht ankommt.

Abb. 3 und 4 zeigen die Konstruktion einer Laufkatze und Abb. 5 und 6 die schematische Anordnung eines Laufkranes mit seitlich angeordnetem Führerkorb. Das Steuerseil ist auf der einen Seite des Kranes bei *a* befestigt, läuft weiter über die nebeneinander liegenden Seilrollen *b* der Katze und ist auf der andern Seite auf eine Trommel *c* aufgewickelt. Auf der Verlängerung dieser Trommel *c* ist das Seil *d*, welches zum Führerkorb geht, befestigt. Die Kurbel *e* wird in handlicher Höhe im Führerkorb angebracht. Die Einstellung aller Geschwindigkeiten, d. h. die gesamte Regelung liegt in rd. einer Umdrehung dieser Kurbel.

Auf einen besonderen Vorzug dieser Konstruktion soll noch hingewiesen werden, der darin liegt, daß die beiden Bremsscheiben *b* und *c* (Abb. 2), an denen eine gewisse Arbeit während der Reglung in Wärme umgesetzt wird, als Ventilatorscheiben ausgebildet sind und dadurch für eine gute Wärmeableitung Sorge tragen. Das Umsetzen der Energie in Wärme während der Reglung geschieht daher nicht etwa in den Widerständen, sondern in den Stahlgußbremsscheiben. Dadurch werden die elektrischen Steuerapparate beim Vergrößern oder Vermindern der Geschwindigkeit nur wenig belastet. Die Scheiben werden selbsttätig durch Öl geschmiert, so daß man eine fast gleichbleibende Reibungszahl und nur geringen Verschleiß der Bremsbacken erreicht. Der Einbau des Planetengetriebes kann für die Lebensdauer des Windwerkes nur von Vorteil sein, weil das ganze Getriebe ständig in Öl läuft und stets vier Ritzel im Eingriff sind, wodurch der Motorstutzen nur auf Verdrehung, nicht aber auf Biegung beansprucht wird.

Der Seilzug zur Bedienung der im Abhängigkeitsverhältnis stehenden Bremsen arbeitet, weil die Rollen auf Kugeln laufen, mit einem sehr hohen Wirkungsgrad, wodurch es praktisch möglich wird, die kleinsten Hubbewegungen auszuführen, also tatsächlich millimeterweise zu heben und zu senken. Dieser Windwerkantrieb ist nicht nur bei Kranen vorteilhaft, er wird auch bei Aufzugwinden angewandt und ist geeignet, auch für eine Reihe anderer Fälle mit Vorteil gebraucht zu werden. Bei Aufzügen kann die Arbeitsgeschwindigkeit sehr hoch angenommen werden, da man in der Lage ist, die Geschwindigkeit jederzeit willkürlich zu verändern, also auch kurz vor der Endstellung willkürlich zu regeln und dadurch nach Bedarf genauestens einzufahren. [B 465]

Verwendung von Nickel-Chromstahl in der Gießerei.

In „The Iron Age" vom 12. Februar 1925 gibt Charles McKnight jr. eine Übersicht über die Verwendungszwecke von hochwertigen Stahlgußlegierungen, die in folgenden Zusammensetzungen erhältlich sind:

Zahlentafel 1. Stahlgußlegierungen.

	Stahlguß mit 3 vH Nickelgehalt vH	Stahlguß mit Nickel-Chrom vH	Stahlguß mit Nickel-Mangan vH
Kohlenstoff	Nach Wunsch	Nach Wunsch	Nach Wunsch
Mangan	0,40 bis 0,70	0,40 bis 0,70	0,75 bis 1,25
Silizium	0,15 „ 0,40	0,15 „ 0,40	0,15 „ 0,40
Phosphor	unter 0,05	unter 0,05	unter 0,05
Schwefel	unter 0,05	unter 0,05	unter 0,05
Nickel	2,50 bis 3,50	1,50 bis 2,50	1,25 bis 1,75
Chrom	—	0,50 „ 1,25	—

Der Kohlenstoffgehalt schwankt gewöhnlich zwischen 0,30 und 0,40 vH, je nachdem, ob große Dehnbarkeit oder Zähigkeit oder hohe Festigkeit und Härte verlangt wird. Das Verhältnis von Nickel zu Chrom soll erfahrungsgemäß 2 bis 2½ vH Nickel zu 1 vH Chrom betragen. Eine sehr umfangreiche Verwendung finden diese Legierungen im Motorwagenbau und im Bau landwirtschaftlicher Maschinen, und sie dienen teilweise sogar als Ersatz für Schmiedestücke. Aber auch für den Lokomotivbau eignen sie sich in hervorragendem Maße, besonders für die Rahmen. Da sich mit Nickelstahl von 0,33 vH Kohlenstoff und 3,50 vH Nickel Festigkeiten von 70 kg/mm², Dehnungen von 21 vH und Kontraktionen von 35 vH nach einer Wärmebehandlung erzielen lassen, so ist er ein billiger Ersatz für Vanadiumstahl. Auch für Weichenzungen und Kreuzungsplatten ist Nickel-Chromstahl ein hervorragender Stoff. Ein Gußstück, das besonders widerstandsfähig gegen Abnutzung sein mußte, hatte 0,70 vH Kohlenstoff, 1,33 vH Nickel, 1,33 vH Chrom und gab eine Elastizitätsgrenze von 107,55 kg/mm², eine Zerreißfestigkeit von 114,58 kg/mm² und eine Brinellhärte von 500. Die Dehnbarkeit betrug allerdings nur 10 vH und die Kontraktion 12 vH.

Auch für Hochdruckarmaturen eignet sich Nickel-Chromstahl sehr. Hierzu wurde im Elektroofen Nickel-Chromstahl hergestellt, der bei 400 °C eine Elastizitätsgrenze von 47,10 kg/mm², eine Zerreißfestigkeit von 58,35 kg/mm², eine Dehnbarkeit von 23 vH und eine Kontraktion von 49 vH aufwies. Die Verwendung von Nickel-Chromstahl in Walzwerken zur Herstellung von Walzen und Kammwalzen und in Pressen für die Matrizen ist bekannt. In Zahlentafel 2 sind die durchschnittlich erreichbaren Eigenschaften dieser Stähle zusammengestellt:

Zahlentafel 2. Durchschnittlich erreichbare Eigenschaften der Stahlgußlegierungen.

	Elastizitätsgrenze kg/mm²	Zerreißfestigkeit kg/mm²	Dehnung vH	Kontraktion vH
Kohlenstoffstahl	17,57 bis 24,60	38,66 bis 45,70	20 bis 25	30 bis 35
Stahl mit hohem Kohlenstoffgehalt	21,10 „ 28,12	45,70 „ 49,21	15 „ 20	25 „ 30
3 vH Nickelstahl	38,66 „ 45,70	59,75 „ 63,27	23 „ 28	33 „ 38
Nickel-Chromstahl	33,66 „ 45,70	63,27 „ 70,30	18 „ 23	28 „ 33
Nickel-Manganstahl	35,15 „ 42,18	56,24 „ 63,27	18 „ 23	28 „ 33

Die Verwendungsmöglichkeit von Nickel- und Nickelchrom-Stahlgußstücken ist mit den angeführten Beispielen noch nicht abgeschlossen. [N 455] H. Illies.

Felix Klein †.

Die Mathematiker der ganzen Welt trauern um den Verlust ihres verehrten Führers, der sie durch ein halbes Jahrhundert kraftvoll und glücklich geleitet hat. Felix Klein ist am 22. Juni 1925 im Alter von 76 Jahren in Göttingen, der Stätte seines langjährigen Schaffens, gestorben.

Als echter Sohn seiner rheinischen Heimat hatte er einen offenen Blick für alle Vorgänge in der Natur und für die Fortschritte in der Technik, und dank diesem gesunden Wirklichkeitssinn ist sein Streben und sein Kämpfen auf allen Gebieten des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts nicht zuletzt auch auf die Ausbildung der Ingenieure von außerordentlich segensreichem Einfluß gewesen. Die von ihm an der Universität Göttingen gegründeten physikalisch-technischen Institute haben als Stätten wissenschaftlicher Forschung dem deutschen Namen Ehre und Weltruhm eingebracht. Der Verein deutscher Ingenieure, dem er zwanzig Jahre als Mitglied angehört hat, verdankt ihm viele Anregungen und verliert in ihm eine Persönlichkeit, die bei ihrem genialen Schaffen in der reinen Mathematik zugleich mit klarem Blick den hohen Zielen wissenschaftlicher Technik zustrebte.

Felix Klein, 1849 zu Düsseldorf geboren, promovierte bereits mit 19 Jahren mit einer mathematischen Abhandlung in Bonn, habilitierte sich 1871 in Göttingen und folgte mit 23 Jahren einem Rufe als ordentlicher Professor an die Universität Erlangen. Ostern 1875 wurde er in gleicher Eigenschaft an die Technische Hochschule nach München berufen, siedelte im Herbst 1880 an die Universität Leipzig über und 1882 an die Georgia Augusta in Göttingen, die unter seiner Führung jene große Entwicklung in den mathematischen und physikalischen Fächern genommen hat.

Felix Klein verfügte wie sein Vorläufer Riemann über eine lebendige geometrische Anschauung, und bei seinem ausgeprägten Sinn für physikalische Probleme verstand er es, diese nutzbringend in den Dienst der Mathematik zu stellen. Er gilt als der eigentliche Vollender Riemanns in dessen Hauptgebiet, der Funktionentheorie. Ebenso sind seine Forschungen in fast allen Teilen der Geometrie und Algebra grundlegend geworden. Hiervon legen viele wertvolle Abhandlungen über reine und über angewandte Mathematik Zeugnis ab. Noch in den letzten Jahren hat er mit mehreren Arbeiten in die Entwicklung der Einsteinschen allgemeinen relativistischen Mechanik fördernd eingegriffen. Von dem gewaltigen Umfang seines Schaffens als Mathematiker geben die „Naturwissenschaften" Heft 17 vom 25. April 1919 in einer Festnummer anläßlich seines siebzigsten Geburtstages Auskunft. Diesem Aufsatz ist am Schluß eine Liste von 168 Abhandlungen, von 34 selbständig erschienenen Veröffentlichungen und von einer großen Zahl autographierter Vorlesungshefte Kleins beigegeben.

Wer das Glück gehabt hat, die Vorträge Felix Kleins in ihrem klaren Aufbau und in ihrer vollendeten Schönheit zu hören und wer mit dem Meister der Mathematik als reifer Studierender oder als Assistent — wie ich 1896/97 als junger Regierungsbauführer — oder im Seminar in ständigem Gedankenaustausch arbeiten durfte, war hingerissen von der kraftvollen Wirkung, mit der seine Phantasie die Probleme der reinen und der angewandten Mathematik in ihrer ganzen Tiefe und Weite durchdrang. Das Bewunderswerte an ihm war, daß er mit seinem genialen Blick die gesamte Mathematikwissenschaft als Ganzes umspannte — ein gottbegnadeter Meister, wie ihn die Zukunft schwerlich wieder erstehen lassen wird. Überall, wohin ihn sein Lebensweg führte, nach Erlangen, München, Leipzig und schließlich nach Göttingen, überall folgten ihm seine Schüler begeistert nach. Bei Inangriffnahme jeder neuen Aufgabe fesselte er sofort seine Hörer, indem er zunächst die Vorstellung durch Anknüpfen an anschauliche Bilder oder Vorgänge lebhaft weckte und erst dann zu verfeinerter Begriffsbestimmung und scharfer Beweisführung schritt. Dabei gab er mehrmals während der Vortragstunde das Grundsätzliche seiner Ausführungen dem Studierenden als Diktat in die Feder.

Die Reform des mathematischen Unterrichts in Deutschland und die internationalen Bestrebungen in dieser Richtung sind seit Jahrzehnten das ureigenste Werk Felix Kleins. Sein Wirken hierfür bildet einen Markstein in der Geschichte der Mathematikwissenschaft. Gleich bei seinem Eintritt in die philosophische Fakultät der Universität Erlangen offenbarte er als jugendlicher Professor in dem berühmten „Erlanger Programm" das große Organisationstalent. Er war Herausgeber der Mathematischen Annalen, Führer bei der Herausgabe der Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften, Vorsitzender der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, Vorsitzender in der Internationalen mathematischen Unterrichtskommission, Vertreter der Universität Göttingen im Herrenhaus, Ehrendoktor vieler in- und ausländischer Hochschulen, Mitglied von mehr als 40 Akademien und Wissenschaftlichen Gesellschaften und Ehrendoktor der Technischen Hochschule München. Bei dieser Vielseitigkeit war es nicht verwunderlich, daß er immer mehr ausschlaggebend wurde bei der Besetzung der mathematischen Lehrstühle aller deutschen Hochschulen. Für seine Universität Göttingen berief er sich die ersten Größen: ich nenne nur Hilbert als reinen Mathematiker und Runge als Förderer des praktischen Rechnens. Fürsorglich überwachte er die Ausbildung der Lehrer für Mathematik und Naturwissenschaften in Preußen und setzte sich besonders lebhaft für eine gediegene Ausgestaltung des mathematischen Unterrichts an den höheren Schulen ein.

Wir Ingenieure der Gegenwart schauen heute in Sorge um die Zukunft des Vaterlandes auf die Entwicklung der Technik in Amerika, und eine Reihe führender Fachmänner hat in den letzten Jahren die Ausbildung des Technikers in den Vereinigten Staaten an Ort und Stelle studiert. Bereits drei Jahrzehnte vor diesen Männern hat Felix Klein gelegentlich der Weltaustellung in Chicago eine Studienreise nach Amerika unternommen, um die Eigenart des dortigen Hochschulwesens kennen zu lernen. Unter dem frischen Eindruck, den die physikalisch-technischen Laboratorien Amerikas und das Forschen an der „lebendigen Maschine" in ihm hinterlassen hatten, trat er nach seiner Rückkehr mit dem Plan hervor, in Göttingen Unterrichtseinrichtungen

für technische Physik zu schaffen. Unter der Mithilfe führender Großindustrieller wollte er dort den Ingenieuren Gelegenheit bieten, sich zu wissenschaftlichen Führern und zu künftigen Lehrern der Technischen Hochschulen weiterzubilden. Doch die Ingenieure setzten damals seinen Plänen Widerstand entgegen. 1895, auf der Hauptversammlung des V. d. I. in Aachen einigt man sich dahin, daß in Göttingen den Lehramtskandidaten der Mathematik und der Naturwissenschaften durch Schaffung von Einrichtungen Gelegenheit zur Einführung in technische Fächer gegeben werden soll. Die höchste Ausbildung der Ingenieure dagegen soll Aufgabe der Technischen Hochschulen sein. Unter Mitwirkung der von Felix Klein ins Leben gerufenen „Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik" werden jene weltberühmten Unterrichts- und Forschungsinstitute für technische Physik und für Aeromechanik geschaffen, über die der Festbericht zum 20jährigen Bestehen 1918 und eine endlose Reihe wissenschaftlicher Veröffentlichungen Auskunft geben. Alle Vorsteher dieser Institute sind als Förderer der Kleinschen Pläne und als anerkannte Meister ihres Faches von Beruf Ingenieure: Mollier, Hans Lorenz, Eugen Meyer und Prandtl, letzterer heute das anerkannte Oberhaupt der Aerodynamiker und der Hydrauliker.

Wir Ingenieure erkennen dankbar an, daß Felix Klein sich hervorragende Verdienste um die Technik erworben hat. Dank der ihm beschiedenen Gabe, die Bedürfnisse des Ingenieurs im Gebiet der Mathematik zu überblicken, hat er es verstanden, in Göttingen Vorlesungen zu halten über technisch wichtige Gegenstände, wie über graphische Statik, Kinematik, technische Mechanik und insbesondere über den Kreisel. Es gelang ihm dadurch, bei seinen mathematisch eingestellten Hörern Verständnis für die wissenschaftlichen Fragen der Technik zu wecken und seinen Schülern damit etwas Kostbares von der Wirklichkeit der Gegenwart mit ins Leben hinauszugeben. Seine eigenen Erkenntnisse und die seines bewährten Mitarbeiters A. Sommerfeld über den Kreisel sind niedergelegt in dem bekannten vierbändigen Werk. Mit seinem klaren Blick für die Bedeutung der Technik hat er dafür gesorgt, daß in der Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften die technischen Gebiete durch die Mitarbeit bedeutender Ingenieure würdig vertreten sind.

Felix Klein und sein Werk lebt fort in seinen Schöpfungen und in den Taten seiner Schüler. Der Verein deutscher Ingenieure und mit ihm die Kreise deutscher technischer Wissenschaft werden diesem überragenden Forscher und Kämpfer, der in der Mathematik als Unsterblicher fortlebt, stets ein dankbares und ehrenvolles Gedenken bewahren.

[P 805] Moritz Weber.

Die Gußeisenveredlung durch Legierungszusätze.

Mit Einführung der Wissenschaft in die praktischen Gießereibetriebe hat sich seit rd. 10 Jahren in großem Umfang das Bestreben erfolgreich durchgesetzt, Gußeisen durch Zusatz gewisser Elemente zu verbessern. Namentlich in letzter Zeit hat man der Schwefelfrage, die von ausschlaggebender Bedeutung für die Bearbeitbarkeit der Gußstücke ist, Aufmerksamkeit zugewandt. Man paßte ferner die chemische Zusammensetzung dem Verwendungszweck der Gußerzeugnisse an und suchte auch durch die Wahl der Formstoffe, die Abkühlungsverhältnisse und die bauliche Anordnung der aus Gußeisen bestehenden Maschinenteile auf gutes Aussehen und Spannungsfreiheit der fertigen Gußstücke hinzuarbeiten. Die Gütefrage des Gußeisens erhielt erhöhte Bedeutung durch die Forderungen besonders des Automobil- und Kesselbaues, bei dem ihm der Stahlformguß bereits ein gefährlicher Wettbewerber geworden war, so daß auch die Schmelzverfahren verbessert wurden. Neben dem Kuppelofen gewann der Flammofen wieder erheblich an Bedeutung und der Elektroofen führt sich vereinzelt bereits zum Raffinieren von Gußeisen ein. Leider stehen seiner ausgedehnteren Verwendung bis heute noch die hohen Betriebskosten entgegen. Große Beachtung verdient daher die neue Erfindung Wüsts, eine Vereinigung von Kuppel- und Flammofen mit Ölfeuerung, durch die der Elektroofen in seiner Wirkung auf das flüssige Gußeisen ersetzt wird. Die in einer großen Gießerei angestellten Versuche haben Ergebnisse gezeitigt, die den hohen Wert der Erfindung für die Herstellung von Qualitätsguß beweisen.

Prof. E. Piwowarsky, Aachen, hat sich seit mehreren Jahren planmäßig mit der Durchforschung des Einflusses von Sonderelementen auf die Eigenschaften der Graugußschmelzen befaßt und deren Ergebnisse nunmehr in einer längeren Abhandlung veröffentlicht[1]), nachdem die erste große Versuchsreihe abgeschlossen ist. Zu allen Versuchen wurde ein schwedisches Roheisen von 4,01 vH Gesamtkohlenstoff benutzt, das die normalen Begleitelemente des technischen Eisens in geringen Hundertsätzen enthielt, in Mengen von 4 bis 6 kg in den Versuchstiegelöfen eingeschmolzen und auf 1400 °C gebracht wurde. Nach Zusetzen der nötigen Silizium- bzw. Ferrolegierungsmengen ließ man alsdann die Schmelzen auf 1300 °C abkühlen, um sie dann in getrocknete und geschlichtete Gießformen zu Rundstäben von 20 mm Dmr. und 650 mm Länge stehend zu vergießen. Drei große Versuchsreihen wurden durchgeführt mit 1 bzw. 1,75 bzw. 2,75 vH Siliziumgehalt. Jeder dieser drei Reihen wurden dann die Sonderelemente Aluminium, Titan, Nickel, Chrom, Nickel und Chrom gleichzeitig, Vanadin, Wolfram, Molybdän, Wolfram und Vanadin gleichzeitig, Molybdän und Vanadin gleichzeitig in geringen Hundertsätzen beigegeben und die Festigkeitseigenschaften der so gewonnenen Legierungen untersucht.

Biege-, Zug-, Druck- und Schlagfestigkeit wurden festgestellt, wobei den Stäben bei den Biege- und Schlagversuchen die Gußhaut belassen wurde, die bekanntlich dabei von nachteiligem Einfluß ist. Außerdem wurde die Brinellhärte festgestellt.

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925), S. 289.

Es würde an dieser Stelle zu weit führen, im einzelnen auf die umfangreichen Zahlentafeln und Ergebnisse der langwierigen Versuche einzugehen, zumal, wie Piwowarski selbst ausführt, die Praxis es verstanden hat, auf andere Weise die Herstellung hochwertigen Gußeisens zu erzielen. Bei den Versuchen hat sich gezeigt, daß Aluminium, Titan und Nickel weichen und gutbearbeitbaren Guß ergeben. Chrom in Verbindung mit Nickel ist für ein festes und feinkörniges Gefüge des Gusses wertvoll, hinsichtlich der Gütesteigerung aber nicht zuverlässig, so daß für ihren Zusatz bei dünnwandigem Guß Vorsicht geboten ist. Molybdän und Wolfram für sich verbessern sämtliche mechanischen Eigenschaften des Gußeisens erheblich und begünstigen schwach die Graphitbildung. Die günstige Beeinflussung beginnt mit einem Gehalt dieser Elemente von 0,5 vH. Chrom und ebenso Kobalt für sich allein scheiden als Zusatz zum Grauguß aus.

Durch geeignetes Regeln der im Gußeisen schon vorhandenen Elemente, besonders des Kohlenstoffs und Siliziums, hat die Praxis inzwischen ohne teure Sonderzusätze große Erfolge in der Erzeugung hochwertigen Gußeisens errungen. Auch bei dünnwandigem Guß hat die Verminderung der Abkühlungsgeschwindigkeit siliziumärmeren Eisens Biegefestigkeiten von 50 kg/mm² und mehr bei ausreichender Durchbiegung und Bearbeitungsfähigkeit ergeben (vgl. Kruppschen Spezialguß, Lanzsches Perliteisen).

Weitere Versuche ergaben, daß durch Zusatz der im technischen Eisen normalerweise stets vorhandenen Stoffe, Mangan, Phosphor und Schwefel eine bemerkenswerte Verschiebung in den Festigkeitszahlen im günstigen Sinne eintreten kann. Durch Zusetzen von Nickel und Chrom war es dann möglich, eine noch größere Verbesserung hervorzurufen. Hochphosphorhaltige Eisensorten scheint man indessen in diesem Sinne nicht durch Legierungszusätze veredeln zu können, wenigstens haben Chrom- und Nickelzusätze zu Kuppelofeneisen mit 0,28 bzw. 0,69 vH Phosphor nennenswerte Gütesteigerungen nicht ergeben. Im Gegensatz dazu zeigte die Verwendung von Wolfram als Legierungselement bei einem Gußeisen mittelharter Beschaffenheit eine sehr günstige Beeinflussung der mechanischen Eigenschaften.

Nach seinen Versuchen und den in den Berichten der ausländischen Fachpresse bekanntgegebenen Zahlen glaubt der Verfasser annehmen zu sollen, daß es zwar möglich ist, mittelmäßige Gußeisensorten durch Hinzuschmelzen von Sonderelementen zu verbessern, daß aber das Ausmaß der Veredelungsmöglichkeit verhältnismäßig erheblich geringer wird, wenn sehr hochwertiger Guß in Frage kommt. Man muß nämlich ein solches kohlenstoff- und siliziumarmes Gußeisen mit gleichmäßiger, feinlamellarer, perlitischer Grundmasse mit dem eutektoiden Kohlenstoffstahl vergleichen, dessen stoffliche Eigenschaften durch die eingelagerten Graphitunterbrechungen nachteilig beeinflußt sind. Piwowarski glaubt, es werde möglich sein, manche Erfahrungen der Sonderstahlindustrie hinsichtlich Wahl und Anteil veredelnder Zusätze auch auf die weitere Veredlung hochwertigen Gußeisens zu übertragen, wenn es gelingt, auf bewährten Gattierungsgrundsätzen fußend, bei gleichzeitiger Ausnutzung neuer Erfahrungen über den Einfluß der Herstellungs- und Gießtemperatur einen hochwertigen anlaßfähigen Guß zu gewinnen, der geeigneten Glüh- und Vergütungsverfahren unterworfen werden kann.

[N 527] Lohse.

RUNDSCHAU.

Forschungswesen.

Aus der Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1924[1]).

Arbeiten der Abteilung I für Maß und Gewicht.

Auf dem Gebiet der Längenmessungen spielt neuerdings die Untersuchung von Endmaßen und ihren zeitlichen Veränderungen eine besonders wichtige Rolle. Daher wurde u. a. ein neuartiger Interferenzkomparator, und zwar für unmittelbaren Anschluß an Lichtwellenlängen, entworfen und von der Firma Zeiß ausgeführt, bei dem gegenüber dem bisher üblichen Apparat die doppelte Nutzlänge bei gleicher Schärfe der Linien erzielt wird. Das Gerät soll die Industrie in die Lage versetzen, ihre Urmaße selbst an Wellenlängen anzuschließen und deren feinste Veränderungen zu verfolgen. Ferner wurden Einrichtungen zur Messung von Endmaßen von über 500 mm Länge geschaffen. Aus den Normungsarbeiten sei erwähnt, daß nunmehr auch bei zylindrischen Endmaßen die Länge als Abstand der Endfläche, nicht als Entfernung der Mitten der Endflächen festgelegt worden ist. — Vergleichsmessungen der Flankendurchmesser von Gewinden mit einem großen Gewindekomparator Zeißscher Bauart und mit dem Flankenmeßgerät der Reichsanstalt gaben eine gute Übereinstimmung. Zum ersten Mal waren größere Rachenlehren zu prüfen, für die eine besondere einfache Meßvorrichtung gebaut wurde; sie beruht darauf, daß ein zylindrisches Stahlendmaß, das um etwa 0,1 mm kürzer ist, als die Öffnung der zu untersuchenden Lehre, zwischen deren Anlageflächen hin und her geschoben und die Verschiebung auf einer Strichplatte mit Mikrometer-Mikroskop gemessen wird.

Von akustischen Arbeiten sind Stimmgabelprüfungen mit Lissajousschen Klangfiguren und der Bau eines Röhren-Tonsenders für unveränderliche und reproduzierbare Frequenz zu erwähnen, mit dem hohe Schwingungszahlen, z. B. die von Galton-Pfeifen, gemessen werden können.

Auf dem Gebiet der Gewichtsmessungen ist die Untersuchung von Gleiswagen ohne Gleisunterbrechung auf Durchbiegung von Brücken und Hebeln zum Abschluß gekommen. Ein zur Prüfung großer Kranwagen bestimmtes Hebelgerät für Normalbelastungen bis zu 60 000 kg wurde nach einem in der Anstalt ausgearbeiteten Verfahren ausprobiert. Neue Ausführungsformen von Laufgewichtwagen, Neigungswagen und Wagen zur selbsttätigen Abwägung bestimmter Mengen, z. B. von Kaffee, Tee, Mehlpackungen, wurden geprüft.

Das Laboratorium für Gas- und Flüssigkeitsmesser hat eine ganze Anzahl von Meßgeräten für Benzin-Tankanlagen untersucht und probeweise zugelassen.

Arbeiten der Abteilung II für Elektrizität und Magnetismus.

Die Untersuchungen über störungsfreie astatische Galvanometer wurden fortgesetzt. Sie sind von Wichtigkeit angesichts der großen magnetischen Störungen durch die elektrischen Straßenbahnen. An Quecksilber-Gleichrichteranlagen in kalten Räumen waren im vorigen Winter hohe Überspannungen und daraus folgende Zerstörungen gemeldet worden. Die Ursache dieser Erscheinung wurde aufgeklärt, Maßnahmen zu ihrer Vermeidung wurden veröffentlicht. Versuche über das von Miethe beobachtete Auftreten von Gold in Quecksilber bei Gasentladungen in Quecksilberdampf wurden begonnen. Die Möglichkeit, Silitwiderstände als Detektoren zu benutzen, wurde geprüft. Die Messung an Einkristallen wurden bis herab zu Temperaturen von —253 °C fortgesetzt.

An der Aufstellung einer genauen Frequenzskala für elektrische Schwingungen wurde bei hohen Frequenzen weitergearbeitet. Bei der höchsten bisher gemessenen Frequenz von $15 \cdot 10^6$ Schwingungen in der Sekunde, entsprechend einer Länge der elektrischen Welle von nur 20 m, dürfte die absolute Genauigkeit jetzt wenige Tausendstel betragen. Die störungsfreie Abwicklung des Betriebes der drahtlosen Telegraphie und Telephonie erfordert sehr genaue Messungen der Wellenlänge der Sendestationen. Mit Hilfe ihres neuen Normal-Frequenzmessers hat die Reichsanstalt während des Berichtjahres Fernmessungen der Betriebsfrequenzen von Sendestationen für drahtlose Telegraphie ausgeführt, so z. B. für die Stationen Nauen und Eilvese, wobei ein neuartiges Schwebungsverfahren angewandt wurde. Die Genauigkeit solcher Fernmessungen wurde u. a. dadurch nachgeprüft, daß zwei verschiedene Frequenzen der Station Nauen 1) durch Fernmessung und 2) durch Messung der Drehzahl der Nauener Maschinen über eine Drahtleitung zwischen Nauen und der Reichsanstalt mit Hilfe von Normaluhr und Chronograph bestimmt wurden. Die Ergebnisse beider Messungen stimmten auf 0,1 bis 0,2 vT miteinander überein. Trotzdem haben sich bei internationalen Ferequenzmessungen, die im Berichtjahr gleichzeitig im Bureau of Standards in Washington, im National Physical Laboratory in Teddington und in der Reichsanstalt ausgeführt wurden, nicht unbeträchtliche Abweichungen der Messungen der beiden europäischen Anstalten von denen des amerikanischen Institutes ergeben. Die Messungen sollen daher wiederholt werden.

[1]) Auszug aus dem Tätigkeitsbericht der Anstalt. Zeitschr. für Instrumentenkunde Bd 45 (1925) S. 139, 185, 225.

Das von der Reichsanstalt ausgearbeitete Verfahren zur absoluten Röntgen-Dosis-Messung wurde auf dem 15. Röntgenkongreß in Berlin angenommen und hat sich schnell in die medizinische Praxis eingeführt. Der Eichbericht für Dosismesser wurde durch eine kleine Abänderung der Druckkammer auf härtere Strahlen ausgedehnt.

Von den Messungen an Kondensatoren, Isolierstoffen und Dielektriken sei nur die Entwicklung einer leicht transportablen Vergleichskondensators erwähnt, mit dem die dielektrischen Verluste von verlegten Kabeln gemessen werden.

Zur Aufzeichnung von Einzelvorgängen hoher Frequenz, wie der Durchschlagvorgänge oder der Schwingungen gesprochener Vokale, wurde an Stelle des Braunschen Rohres ein Glimmlicht-Oszillograph mit geeignetem Verstärker als besonders praktisch befunden und angewendet.

Die Versuche, das Überschreiten gewisser Temperaturen bei Spulenwicklungen und andern technischen Apparaten aus dem Schmelzpunkt von Chemikalien festzustellen, wurden fortgesetzt. Von den Schmelzkörpern wurden geringe Mengen in einem zusammengefalteten Papierblättchen erhitzt. In dem Tätigkeitsbericht der Anstalt sind eine ganze Anzahl geeigneter Schmelzkörper und zugehöriger Farbstoffe genannt, und zwar für Schmelzpunkte zwischen 82 und 160 °C.

Von den Öl- und Lagerversuchen, die seit Jahren in der Anstalt planmäßig fortgeführt werden, sei erwähnt, daß sich die Reibung von Kugellagern je nach der Zähigkeit des verwendeten Schmiermittels um ein Vielfaches ändert und im Gegensatz zur allgemeinen Annahme auch von der Drehzahl erheblich beeinflußt wird. Die Versuche wurden mit einer Reibungswage bis zu 4000 Uml./min fortgeführt. Der Übelstand, daß beim Zapfen im Kreuzkopf von Kurbelgetrieben die Schmierschicht zerstört wird, Teilschmierung auftritt und die Maschine zu klopfen beginnt, konnte durch eine neue Einrichtung beseitigt werden. Zwischen Zapfen und Schale wurde nämlich zusätzlich eine ausreichende Relativdrehung herbeigeführt, die sich beim Kurbelgetriebe besonders einfach dadurch erreichen ließ, daß der Zapfen des Kreuzkopflagers an die Kurbel des Getriebes angelenkt wurde, so daß ein Planetengetriebe entstand. Im magnetischen Laboratorium wurde die Anfangspermeabilität von Nickel-Stahl-Legierungen bei allen möglichen Mischungsverhältnissen und bei verschiedenen Wärmebehandlungen gemessen. Besonders eingehend wurde ein Material untersucht, das zum Umspinnen eines in der Ostsee verlegten Kabels verwendet wurde.

Arbeiten der Abteilung III für Wärme und Druck.

Die Versuche über die Zustandsgleichung von Gasen wurden bis —183 ° ausgedehnt. Der Siedepunkt von Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff wurde auf 0,02 ° genau bestimmt; für die Festlegung der Temperaturskala bis —193 ° genügt, falls das verwendete Widerstandsthermometer oberhalb 0 ° geeicht ist, eine einzige weitere Beobachtung, nämlich bei dem Siedepunkt des Sauerstoffes (—183,00 °).

Durch das Gesetz vom 7. August 1924 ist nach jahrelangem Bemühen, an dem auch der Arbeitsausschuß für Druck- und Wärmemessungen des N. D. I. sehr beteiligt war, nunmehr die Temperaturskala und die Wärmeeinheit im Deutschen Reich festgesetzt. Über die Einführung einer internationalen Temperaturskala schweben Verhandlungen mit dem Bureau International, dem Bureau of Standards, dem National Physical Laboratory und dem Leydener Kältelaboratorium.

Die Temperaturmessungen an schmelzenden Metallen wurden mit dem Mikropyrometer bis zum Schmelzpunkt des Iridiums (2068 ° „schwarze Temperatur“) fortgesetzt. An gasgefüllten Wolframlampen der Nela (General Electric Co.), deren Glühtemperatur von der Nela vor Absendung und nach Rückkehr mit einem Farbglaspyrometer gemessen wurde, ergaben sich bei 2500 ° um 20 ° höhere Temperaturen. Der Grund dafür ist noch nicht aufgeklärt. Wolframlampen der erwähnten Art sind für die Verwirklichung der Temperaturskala und als Ersatz des schwarzen Körpers bei der Eichung von Pyrometerlampen von großem Wert.

Die Bestimmungen der Durchgangsziffern von Normaldüsen aus dem Druckabfall in glatten Rohren sind veröffentlicht[2]). Die Durchflußziffer 0,96 ist in die Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren aufgenommen worden.

Die Zähigkeitsmessungen wurden weitergeführt; ein zweiter für Absolutmessungen bei höheren Temperaturen bestimmter

[2]) M. Jakob u. S. Erk, Forschungsarbeiten Heft 267, 1924.

Zähigkeitsmesser im Bau. Als erste Normalflüssigkeit für die Eichung von Zähigkeitsmessern wurde Anilin zwischen 0 und 60° untersucht.

Mit dem neuen Gerät zur Bestimmung der Wärmeleitzahlen von kleineren (z. B. keramischen) Platten konnte 1 vH Versuchsgenauigkeit erreicht werden. Der Übergang zu höheren Temperaturen aber hat große Schwierigkeiten gemacht, da sich nur schwer ein geeignetes Bindemittel als Ersatz für das Paraffin finden ließ, mit dem die Versuchsplatten zwischen die Metallplatten des Apparates eingekittet werden. Beim Weglassen der Paraffinschicht erhält man selbst bei geschliffenen Versuchsplatten schon Meßfehler bis 35 vH. Als Ersatz für Paraffin bewährte sich endlich ein Hochvakuum-Bitumen, mit dem einstweilen genaue Messungen bis über 80° gelungen sind. Die Versuchsanordnung zum Messen der Verdampfungswärme des Wassers bei höheren Drücken ist im wesentlichen festgestellt.

In der Wasserstoff-Verflüssigungsanlage können jetzt reichlich 4 l/h verflüssigt werden, bei einer Leistung des Verflüssigers von 65 vH der theoretisch zu erwartenden Leistung. Im Berichtjahre sind 116 l flüssiger Wasserstoff hergestellt worden, wovon 101 l für die Trennung von Neon-Helium-Gemisch verwendet wurden. Bis zum Schluß des Berichtjahres konnten 500 l Helium durch Trennung gewonnen werden. Die Arbeiten zur Heliumverflüssigung wurden fortgesetzt. (Mittlerweile ist es Dr. Meißner, dem Erbauer der Anlage, gelungen, das Helium zu verflüssigen, während bisher außer im Kältelaboratorium in Leyden nur in Toronto Helium flüssig dargestellt werden konnte.)

Unter den Messungen von Temperaturkoeffizienten elektrischer Widerstände nahm eine für die Praxis ausgeführte Untersuchung von Eisenproben längere Zeit in Anspruch, die verschiedenen Stellen eines im Fabrikbetrieb verunreinigten Kesselbleches entnommen wurden; die Beobachtungen mußten bis 800° ausgedehnt werden.

Zur Prüfung längerer Thermometer bei höherer Temperatur werden neuerdings statt der früher benutzten Flüssigkeitsbäder oder Röhrenöfen in der Anstalt gebaute Thermostaten verwendet, die aus massiven Aluminium- und Nickelzylindern mit tiefen achsialen Bohrlöchern und elektrischer Außenheizung bestehen und sich vorzüglich bewähren.

Die Prüfung von Pyrometerlampen kann, nachdem einige Unstimmigkeiten behoben sind, jetzt wieder bis 1600° ausgeführt werden. Die Messungen der Gesamthelligkeit des schwarzen Körpers bei den Temperaturen des Platin- und Paladiumschmelzpunktes wurden unter Verwendung von Iridium-, Platin-Iridium- und Platinöfen fortgesetzt.

Arbeiten der Abteilung IV für Optik und Strahlung sowie der Laboratorien für Radioaktivität und für Chemie.

Das erste Modell des in der Reichsanstalt gebauten Galvanometers nach Nernst ist darauf geprüft worden, ob seine Empfindlichkeit für sehr genaue Strahlungsmessungen ausreicht. Das Meßgerät erwies sich als siebenmal weniger empfindlich als das Panzergalvanometer im Potsdamer Laboratorium, dem gegenüber es den Vorzug der Unabhängigkeit des Nullpunktes von der Temperatur und genauer Proportionalität zwischen Ausschlag und Stromstärke hat. Den Einfluß der mechanischen Erschütterungen der Gebäude auf das Galvanometer hinreichend zu beseitigen, ist bisher nicht gelungen.

Die Arbeiten der Abteilung erstreckten sich ferner auf die Untersuchungen von Abbildungsfehlern in Quarzspektrographen, den Entwurf und vorläufigen Bau eines registrierenden Spektralphonometers, auf die Fortsetzung der Messungen der Feinstruktur der Balmerschen Spektrallinien, des Viellinienspektrums des Wasserstoffes, der Heliumlinien und auf die Untersuchung der Kadmiumlinien zwecks Anschlusses des Meters an die Wellenlänge des Lichtes.

Das Verfahren zur Herstellung dünner Blättchen ist mit Erfolg weiter ausgebaut worden. Es gelang, aus Nickel und Gold Blättchen von 0,000 001 cm Dicke zu gewinnen, aus Eisen und Platin solche von 0,000 004 cm. Schichten von 0,000 002 cm Dicke sind noch sehr lichtdurchlässig und homogen; bemerkenswert ist auch die Durchlässigkeit der Nickelfolien für Kathodenstrahlen.

Die internationale Vergleichung von Glühlampennormalen konnte im Berichtjahr wieder aufgenommen werden. Die hierbei aufgetretenen Unstimmigkeiten bei Normallampen verschiedener Färbungen werden sich wohl nur durch internationale Vereinbarungen beseitigen lassen.

Im Laboratorium für Radioaktivität wurde die Zählung der Alpha-Teilchen, die von einem Gramm Radium in der Sekunde ausgesandt werden, mit dem Spitzenzähler weitergeführt. Es konnte der Nachweis erbracht werden, daß jedes in den Zähler eintretende α-Teilchen auch wirklich einen Elektrometerausschlag hervorruft. Bis jetzt wurden unter sehr verschiedenen Bedingungen 43 000 Teilchen photographisch aufgezeichnet, wobei sich im Mittel für die Sekunde und ein Gramm Radium eine Emission von $3{,}48 \cdot 10^{10}$ α-Teilchen ergab.

Die Untersuchungen über die Höhenstrahlung wurden auch im Sommer 1924 auf dem Jungfraujoch mit verbesserten Hilfsmitteln fortgesetzt. Die früher beobachtete zeitliche Periode der Höhenstrahlung wurde auch diesmal wieder gefunden.

Das Chemische Laboratorium war beschäftigt mit Untersuchungen über die Beständigkeit und Fleckenempfindlichkeit optischer Gläser und mit Prüfungen von Hohlglas, besonders für Ampullen zu medizinischen Zwecken. Die Messungen an Aluminium wurden insbesondere mit dem Ziele fortgesetzt, Mittel zu finden, die die Einwirkung von Seewasser auf Aluminium verringern. Von den photochemischen Arbeiten sei erwähnt die Bestimmung der absoluten Lichtempfindlichkeit photographischer Platten sowie der Lichtempfindlichkeit der Netzhaut. Hierbei ergab sich, daß im Gebiet der stärksten Absorption des Sehpurpurs (bei einer Wellenlänge von 0,5 μ) etwa 30 Elementarquanten genügen, um eine Lichtempfindung hervorzubringen. Aus der Verminderung der Lichtintensität in den brechenden Medien des Auges und der Stäbchendichte auf der Netzhaut läßt sich schließen, daß unter Umständen ein Elementarquantum wahrgenommen wird; doch waren die physiologischen Störungen bei den geringen Lichtstärken so groß, daß eine Aufzeichnung einzelner Quanten bisher nicht sicher gelang.

Prüfungsarbeiten der Anstalt.

Im Berichtjahr wurden in der Anstalt geprüft:

von der Abt. I . . . . etwa 1 500 Gegenstände,
„ „ „ II . . . . „ 1 700 „
„ „ „ III. . . . . „ 7 200 „
sowie 315 000 Fieberthermometer,
„ „ „ IV sowie den Laboratorium für Radioaktivität und Chemie . . . . . etwa 800 Gegenstände,
„ den elektrischen Prüfämtern etwa 155 300 „
„ „ Thermometerprüfanstalten unter technischer Aufsicht der Reichsanstalt . . etwa 3 450 Gegenstände,
sowie 4 157 500 Fieberthermometer

[N 680] Max Jakob.

Materialprüfung.

Die Eigenschaften der Werkzeugstähle.

In einer umfangreichen, unsre augenblicklichen Kenntnisse zusamenfassenden, mit vielen Zahlentafeln und andern graphischen Darstellungen ausgestatteten Arbeit hat Prof. Paul Goerens[1]) die Eigenschaften der Edelstähle, und zwar der Baustähle, der Stähle für physikalische Anwendungsgebiete und der Werkzeugstähle, eingehend behandelt, woraus im folgenden nur über die Werkzeugstähle berichtet wird. Sollen Stahlsorten bestimmte physikalisch festgelegte Eigenschaften, wie magnetische, elektrische und dergleichen haben, die man an Probestäben genau bestimmen kann und die sich auch an allen Teilen des Werkstückes wieder finden, so ist die Auswahl mit Hilfe der Materialprüfverfahren verhältnismäßig leicht. Bei den Werkzeugstählen läßt sich aus der Bestimmung der Festigkeitseigenschaften nichts über die voraussichtliche Bewährung des untersuchten Stahles aussagen. Man kennt die Beanspruchungen, denen ein Werkzeug unterworfen ist, noch immer zu wenig. Da sie auch nur in geringem Maß auf die mechanischen Eigenschaften zurückführbar sind, so kann allein der praktische Versuch entscheiden. Das Werkzeug muß von Fall zu Fall hergestellt und seine Leistung unter genau bestimmten Verhältnissen ermittelt werden. Nur das Ergebnis des praktischen Versuches vermag eine gewisse Sicherheit bei der Auswahl des Stahles zu geben. Erfahrungen spielen hier eine noch größere Rolle als bei den andern Sonderstählen.

Die aus dem Schrifttume bekannten Analysengrenzen der Werkzeugstähle trägt man in Schaubilder ein, Abb. 1 und 2. Die gestrichelte Linie ist die eutektoide Linie, die ausgezogene die Löslichkeitslinie. Beide begrenzen drei Gruppen: die der Perlitstähle, der Karbidstähle und die der (nach dem Vorschlage von Rapatz so benannten) Ledeburitstähle. Die schwarzen Flächen schließen die in der Praxis jeweils für bestimmte Anwendungsgebiete gebräuchlichen Gehalte an Kohlenstoff und Wolfram, Abb. 1, und an Kohlenstoff und Chrom, Abb. 2, ein. Die den Flächen beigesetzten

RZ 140 Z1

Abb. 1. Lage der Hauptanwendungsgebiete der wolframlegierten Werkzeugstähle.

a Schneidwerkzeuge, Spiralbohrer, Gewindebohrer, Fräser, Sägeblätter usw.
b Schneidhaltige Formstähle an Revolverbänken und Automaten, Meißel und Stempel
c Schneidstähle für sehr harte Arbeitstücke
d Warmpreß- und Ziehmatrizen

[1]) „Stahl u. Eisen" Bd. 44 (1924) S. 1645.

Abb. 2. Lage der Hauptanwendungsgebiete der chromlegierten Werkzeugstähle.

a Fräser, Rasiermesser, Sägefeilen, Steinbearbeitungswerkzeuge, Feilenhauermeißel usw.
b Spiralbohrer, Sägeblätter, Schnitte
c Hand- und Preßluftmeißel, Ziehstempel u. dergl.
d Lochdorne, Stempel, Kaltwalzen
e Zieheisen für geringere Beanspruchung
f Zieheisen für hohe Beanspruchung, empfindliche Schnitte und Stanzen.

Abb. 3 bis 6. Lage der Hauptanwendungsgebiete der chromwolframlegierten Werkzeugstähle

a Riffelstähle
b Midvale-Stahl (1898)
c Mushet-Stahl (1868)
d Taylor-White (1901)

e niedrig-, *f* mittel-, *g* hoch- legierter Schnelldrehstahl

h Warmpreßwerkzeuge für sehr hohe Beanspruchung
i Schrottmeißel, Kaltlochstempel, Warmpreßmatrizen.

Buchstaben beziehen sich auf die neben den Abbildungen gegebenen Zusammenstellungen der Anwendungsgebiete solcher Werkzeugstähle. Man sieht aus Abb. 1, daß die Wolframstähle im wesentlichen Karbidstähle sind, und daß nur ein kleiner Teil, der für das Anwendungsgebiet b in Betracht kommt, zu den Ledeburitstählen gehört.

Wie Abb. 2 erkennen läßt, gehören auch bei den Chromstählen die eigentlichen Werkzeugstähle (Anwendungsgebiete a, b, d) zu den Karbidstählen. In die Gruppe der Perlitstähle fallen die Stähle für Handmeißel, Preßluftmeißel und Ziehstempel c. Die Stähle für verschiedene Zieheisen e, f mit besonders hoher Härte gehören in die Gruppe der Ledeburitstähle. Ein Vergleich beider Abbildungen lehrt, daß in dem Anwendungsgebiete der Stähle der Karbidgruppe bis jeweils 4 vH Wolfram bzw. Chrom praktisch kein Unterschied besteht.

Für die Chrom-Wolfram-Stähle hat man, um das eigentliche Raumschaubild zu vermeiden, die geltenden Verhältnisse in vereinfachter Auffassung in Schnitten durch das Raumschaubild bei verschiedenen Kohlenstoffgehalten in Abb. 3 bis 6 dargestellt. Mit steigendem Kohlenstoffgehalte fallen die eutektoide Linie und die Löslichkeitslinie schräg nach unten und verschwinden schließlich. Nur bei 0,5 vH Kohlenstoff sind noch die drei Gefügegebiete Perlit, Karbid und Ledeburit vorhanden. In Abb. 3 sind die Stähle für Warmpreß- und Ziehmatrizen für sehr hohe Beanspruchung *h* gewissermaßen eine Wiederholung der Stähle *d* der Abb. 1 der reinen Wolframstähle; die Stähle *i* gelten einerseits für geringere Anforderungen als die Stähle *h*, anderseits haben sie mit den in Abb. 1 dargestellten Wolframstählen *b* verschiedene Anwendungen gemeinsam. Bei 1,4 vH Kohlenstoffgehalt, Abb. 5, entsprechen die Riffelstähle *a* den in Abb. 1 für das Anwendungsgebiet *c* wiedergegebenen.

[M 140] Dr.-Ing. Martin W. Neufeld.

Abb. 7. Zugfestigkeit von zwei Porzellanen *A* und *B* in Abhängigkeit von der Glasur.

Einfluß der Glasur auf einige physikalische Eigenschaften von Porzellan.

Bei den Forschungsarbeiten zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des Porzellanes wurde u. a. ein ausschlaggebender Einfluß der Glasur festgestellt[1]). Es zeigte sich, daß Zug-, Biege- und Schlagbiegefestigkeit in gleicher Weise von der Glasur abhängig sind. Es gibt Glasuren, die die betreffenden Festigkeiten gegenüber dem nichtglasierten Zustand herabsetzen und andre, die sie erhöhen. Der Einfluß der Oberflächenschicht, nämlich der Glasur, sollte in besonders anschaulicher Weise nachgeprüft werden, wozu sie mit dem Sandstrahlgebläse entfernt wurde. Der entglasierte Versuchskörper ergab die gleichen Werte wie für unglasierten Stoff. Auch für ursprünglich unglasierte Versuchstücke wurde eine zum Teil ganz beträchtliche Abnahme der Biege-, Schlagbiege- und Zugfestigkeit nach Entfernung der äußersten Oberflächenschicht festgestellt.

Auf Grund der Versuche und der Prüfung der chemischen Zusammensetzung der untersuchten Glasuren wurde festgestellt, wie eine Glasur geändert werden muß, um höhere Festigkeiten zu ergeben. In Zahlentafel 1 sind die Festigkeitszahlen für zwei Reihen von Glasuren zusammengestellt, die auf Grund der neuen Untersuchungen planmäßig abgeändert wurden.

Zahlentafel 1.

Glasur Nr. . .	4	5	6	7	8	9	10
Zugfestigkeit kg/cm² . .	160	250	380	420	200	240	340

Ganz allgemein wurde festgestellt, daß aus der Art der Bruchfigur bei den Zerreißkörpern[2]) auf die Höhe der Zugfestigkeit geschlossen werden kann. Die im Sinne der Untersuchung mit „schlecht" bezeichneten Glasuren ergeben eine vollkommen glatte Bruchfläche. Bei höheren Festigkeiten wird der Bruch rauher und zackiger. Der ausschlaggebende Einfluß der Glasur auf die Zugfestigkeit zeigt sich besonders anschaulich, Abb. 7, wenn man zwei in bezug auf Zugfestigkeit wesentlich verschiedene Porzellane A und B mit den gleichen Glasuren 1, 2, 3, 20, 15 und 12 versieht. Der Unterschied der Zugfestigkeiten für den

[1]) vergl. Mitteilungen der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H., 1925, Heft 15.

[2]) Bei den fertigen Isolatoren tritt die Abhängigkeit der Form der Bruchfläche von der Zugfestigkeit nicht so deutlich zutage.

Abb. 8. Zugfestigkeit von Porzellan verschiedenen Durchmessers in Abhängigkeit von der Glasur.

nichtglasierten Scherben beträgt 30 vH des niedrigeren Wertes. Dieser Unterschied sinkt durch die verschiedenen Glasuren auf 14, 5, 4, 10, 6 und 8 vH. Die Verschiedenheit der beiden Porzellane A und B wird daher durch die Glasuren fast aufgehoben. Alle diese Ergebnisse wurden an geeignet gewählten Versuchskörpern gefunden, die gegenüber den gebräuchlichen Isolatoren bedeutend kleinere Abmessungen haben.

Die Glasur hat aber nicht nur auf die Versuchskörper mit kleinem Durchmesser großen Einfluß, sondern in gleichem Maß auch auf Scherben von bedeutend größerem Durchmesser; man vergleiche hierzu Abb. 8, die die Zugfestigkeit in Abhängigkeit von der Glasur für die Versuchskörper von 20 mm Dmr. und für Isolatoren von 72 mm Dmr. darstellt. Die Werte für letztere liegen durchweg niedriger als für Probekörper, da ja ganz allgemein die spezifische Zugfestigkeit mit wachsendem Durchmesser des Prüfstückes abnimmt. Der Einfluß der Glasur auf die Isolatoren ist aber in gleichem Maße vorhanden wie für die Zerreißproben und deutlich zu erkennen.

Für die von Winkelmann und Schott aufgestellte Formel für den thermischen Widerstandskoeffizienten[1]) wurde für nichtglasiertes Porzellan eine befriedigende Übereinstimmung zwischen berechneten und gemessenen Werten gefunden. Dagegen versagt die Formel für glasiertes Porzellan. Sie ist also nur für gleichförmige Stoffe, wie Gläser, bei denen sie sich auch bewährt hat, anwendbar. Eine Glasur ist nur dann als zu einem Scherben passend zu bezeichnen, wenn sie dessen mechanische Eigenschaften gegenüber dem nichtglasierten Zustand verbessert oder zum mindesten nicht verringert. Die beste Prüfart ist die Bestimmung der Zugfestigkeit glasierter und unglasierter Versuchskörper. Die sonst gebräuchlichen Untersuchungen über das Sitzen der Glasur auf dem Scherben geben über deren Einfluß auf die mechanischen Eigenschaften des Porzellans keinen Aufschluß.

Porzellane verschiedener Herkunft hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften nur im unglasierten Zustand zu vergleichen, ist zwecklos. Das dabei gefundene Ergebnis kann sich für die gleichen, aber glasierten Porzellane ins Gegenteil verkehren. Es sollten deshalb stets auch glasierte Probestücke untersucht werden, zumal in der Praxis fast ausschließlich glasiertes Material verwendet wird. [M 311] Dr. Gerold.

Maschinenteile.

Die Kräfte in Keilverbindungen.

Prof. Dr.-Ing. R. Baumann berichtet in Bd. 4 (1925) Nr. 14 der Zeitschrift „Maschinenbau" über Versuche zur Ermittlung der in Keilverbindungen wirkenden Kräfte, die mit Mitteln der Robert-Bosch-Stiftung in der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule Stuttgart durchgeführt worden sind.

Abb. 9 bis 11 zeigen die Versuchsanordnung. Der Keil wird durch gemessene Kräfte oder Schläge eingetrieben, wobei er sich auf Beilagen stützt und die drei Zugstangen durch Längskräfte S beansprucht. Diese können gemessen werden, indem man die Längenänderungen der Strecken l_1, l_2, l_3, bestimmt, die man durch Vorversuche auf einer Zerreißmaschine geeicht hat. Zur Messung diente das Scherenmikroskop (vergl. Forschungsarbeiten Heft 252). Aus der Beziehung

$$P = 2\,S\,\mathrm{tg}\,(\alpha + \varrho)$$

kann dann der Reibungswinkel ϱ berechnet werden.

Abb. 9 bis 11. Versuchsanordnung zur Ermittlung der in Keilverbindungen wirkenden Kräfte.

Abb. 12 zeigt die Ergebnisse einer Versuchsreihe mit stetig gesteigerter Kraft P für Beilagen aus Flußstahl und Ölschmierung. Aus den für tg $\varrho = 0{,}15$ und tg $\varrho = 0{,}16$ eingezeichneten Leitstrahlen geht hervor, daß die auftretende Reibung zwischen diesen Grenzen liegt. Abb. 13 zeigt den Einfluß verschiedener Sorgfalt bei der Bearbeitung der Keilbahnen und den Einfluß verschiedener Schmierung. tg ϱ schwankt hierbei in außerordentlich weiten Grenzen ($<$ 0,04 bis 0,22). Die Geschwindigkeit der Gleitbewegung hat, wie zu erwarten, großen Einfluß auf tg ϱ, während das Material der Keilbahnen innerhalb der Versuchsgrenzen ohne Einfluß auf ϱ war, bei Ölschmierung erfolgte bald Anfressen, was bei Talgschmierung unterblieb und bei Entfettung sehr bald eintrat. Auch Gußeisenbahnen fraßen nicht an bei Ölschmierung. Die meisten Reibungswerte waren gegenüber den verwendeten Steigungswinkeln (1 : 100 und 1 : 25) so groß, daß die Größe der Keilsteigung völlig in den Hintergrund trat. [M 639]

Technische Mechanik.

Ergänzungsheft „Technische Mechanik" der VDI-Zeitschrift.

Von dem Wunsche geleitet, eine größere Anzahl wichtiger wissenschaftlicher Aufsätze dem Leserkreis der VDI-Zeitschrift schneller zugänglich zu machen, als es bei der großen Zahl der zur Veröffentlichung angenommenen Aufsätze in den laufenden Nummern der Zeitschrift möglich ist, beabsichtigt die Schriftleitung, eine Reihe von ähnlichen Arbeiten in einem Ergänzungsheft der VDI-Zeitschrift „Technische Mechanik" zu veröffentlichen.

Das geplante Ergänzungsheft wird voraussichtlich folgende Arbeiten umfassen:

1. Hort: Grundzüge der technischen Schwingungslehre,
2. Memmler/Schob: Versuche über Schwingungsfestigkeit im Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem,
3. Hahnemann: Eine neue Materialprüfmaschine für Dauerbeanspruchungen,
4. Berger: Versuche über Durchlässigkeit von Wänden gegen Luftschall,
5. Rieckhoff: Lösung statisch unbestimmter Systeme mit dem Nupubest-Gerät,
6. Ohnesorge: Die Bedeutung des Spannungsausgleichs für Umkehrantriebe (Erzbergbahn, Zugspitzbahn),
7. Lorenz: Parallelströmung und Turbulenz im Kreisrohr,

[1]) Die Formel bedeutet:

$$\text{Wärmewiderstandskoeffizient} = \frac{\text{Zugfestigkeit}}{\text{Elastizitätsmodul} \times \text{Wärmeausdehnungskoeffizient}} \times \sqrt{\frac{\text{Absol. Wärmeleitfähigkeit}}{\text{spez. Wärme} \times \text{spez. Gew.}}}$$

Ann. der Physik u. Chemie Bd. 51 (1894) S. 73.

Abb. 12. Versuchsergebnisse zur Ermittlung der Kräfte in Keilverbindungen für Beilagen aus Flußstahl und Oelschmierung.

Abb. 13. Einfluß verschiedener Sorgfalt bei der Bearbeitung der Keilbahnen und verschiedener Schmierungen auf die in Keilverbindungen auftretenden Kräfte.

8. Biel: Strömungswiderstand in Rohrleitungen,
9. Jeschke: Wärmeübergang und Druckverlust in Spiralrohren,
10. Eck: Betrachtungen über Ventilströmungen,
11. Havliček: Kritik der Wärmekraftmaschine,
12. Schütz: Versuch zur Ermittlung des Strahlungseinflusses auf Pyrometermessungen,
13. Heinrich/Stückle: Wärmedurchgang von Öl an Wasser,
14. Reiher/Cleve: Temperaturmeßfehler in strömenden Gasen,
15. Schmidt: Zweckmäßige Bauart von Thermometerrohren zur Messung der Temperatur strömender Gase.

Die Bezieher der Zeitschrift, die das Ergänzungsheft sofort zu erhalten wünschen, werden gebeten, unter Einsendung von 0,50 ℳ für Versandkosten und genauer Angabe ihrer Anschrift **bis längstens 31. August** 1925 der Schriftleitung der VDI-Zeitschrift, Berlin NW 7, Friedrich Ebert-Straße 27, hiervon Mitteilung zu machen. Spätere Bestellungen müssen an den VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, gerichtet werden, bei dem das Heft zu dem hierfür üblichen Buchhändlerpreis in beschränkter Auflage erhältlich sein wird. [N 846]

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

A Popular History of American Inventions. Edited by Waldemar Kaempffert. New York-London 1924, Charles Scribner's Sons. 2 Bde. 1034 S. m. 500 Abb. Preis 3 £ 3 sh.

Der Herausgeber wollte, wie er im Titel zum Ausdruck bringt, in volkstümlicher Form von großen amerikanischen Erfindungen erzählen. Siebzehn Verfasser hat er sich zu dieser Gemeinschaftsarbeit geworben, die nicht nur technisch etwas wußten von dem, worüber sie schreiben sollten, sondern die vor allem so schreiben konnten, daß es der Nichtfachmann verstand. Der Herausgeber selbst brachte für diese Art literarischer Tätigkeit seine Erfahrungen mit, die er sich als Schriftleiter der weltbekannten und volkstümlichen Zeitschrift Scientific American erworben hatte.

Der Stil des Buches ist dem Geschmack des amerikanischen Publikums angepaßt. Es will nicht nur belehren, sondern auch unterhalten. Der Titel läßt daran denken, daß hier in ganz einseitiger Form nur amerikanische Ingenieurarbeit gerühmt werden sollte. Glücklicherweise haben sich aber die Verfasser daran nicht allzu sehr gehalten. Wie sollte man auch über die Geschichte der Eisenbahn schreiben, ohne Stephenson zu erwähnen, oder über die Geschichte der Dampfmaschine, ohne James Watt zu nennen. Aber auch die großen Leistungen der nichtenglischen Welt werden, soweit sie den Verfassern geläufig waren, mit aufgeführt.

Dem Zweck des Buches entsprechend, werden aber die amerikanischen Leistungen natürlich in den Vordergrund gestellt. Gerade hierin aber bietet das Werk dem europäischen Leser viel Bemerkenswertes. Der Herausgeber hat sein Werk in 51 Abschnitte geteilt. Den ersten nennt er die Revolution des Verkehrs, und er erzählt uns von der Geschichte der Eisenbahn, der Schiffahrt, der elektrischen Bahnen. Er berichtet weiter über den Siegeszug des Automobils, wobei er auch nicht versäumt, Daimler und Benz gebührend zu nennen. Das letzte Kapitel dieses Abschnittes behandelt die Eroberung der Luft. Im zweiten Abschnitt bespricht er die Entwicklung der Drucktechnik, die Schreibmaschine, Telegraphie und Telephon, das Radio, die Photographie, das Kino und den Phonographen. Unter der Überschrift „Power" wird die Entwicklung der Dampfmaschine und der Dampfturbine, der Werdegang der Elektrotechnik und in einem besonderen Abschnitt die Beleuchtung besprochen.

Der vierte Abschnitt handelt von der Stoffwirtschaft. Hier wird die Geschichte von Eisen und Stahl erzählt, wir erfahren einiges über Kupfer und andre Metalle. Kennzeichnend für die amerikanische Entwicklung ist das Kapitel über das Erdöl. Weiter werden behandelt die Kohle, die amerikanische Holzindustrie, die Textilindustrie und die landwirtschaftlichen Maschinen. Wir wissen, daß auf allen diesen Gebieten Amerika große Ingenieurleistungen aufzuweisen hat.

Der letzte Abschnitt ist auch besonders kennzeichnend für die amerikanische technische Geschichte. Er handelt von den arbeitsparenden Einrichtungen. In erster Linie wird hier von den Werkzeugmaschinen gesprochen, dann von den verschiedenen Anwendungen der Luft in der Technik. In den beiden letzten Abschnitten sind zwei für dieses Gebiet besonders kennzeichnende amerikanische Industriezweige herausgegriffen. In dem einen wird gezeigt, wie die Maschine eindringt in die Kleiderfabrikation; hier handelt es sich um die Geschichte der Nähmaschine, während uns das andre Kapitel erzählt, wie Schuhe maschinell hergestellt werden.

Die Benutzung des Buches wird durch ein Inhaltsverzeichnis erleichtert. Die vielen Abbildungen sind gut ausgewählt. Der Verfasser hat sich unter anderm hierbei auch auf das große Technische Museum in London und das Deutsche Museum in München stützen können.

Der Geschichtsforscher wird es bedauern, daß nirgends Quellen angegeben sind, und auch manche nähere sachliche und Zeitangaben wird man vermissen. Der Herausgeber aber wollte mit dem Verleger ein weitesten Kreisen zugängliches geschichtliches Lesebuch schaffen, und wenn man weiß, daß zwei Jahre ausreichen mußten, um das ganze Werk vorzubereiten, dann versteht man, daß in dieser Zeit auf diesem riesigen Gebiet nicht überall quellenmäßige Studien gemacht werden konnten.

Das Werk wird in Amerika sicher dazu beitragen, die Freude und den Stolz auf die eigenen technischen Leistungen zu erhöhen. Das ist ein nicht zu unterschätzender Gewinn für die Nation. Darüber hinaus wird man auch in andern Ländern gern ein unterhaltsames Buch lesen, auch wenn man zu manchen Einzelheiten hier und da noch andrer Meinung sein kann.

[E 791] C. M.

Die Fermente und ihre Wirkungen. Von Carl Oppenheimer. Nebst einem Sonderkapitel: Physikalische Chemie u. Kinetik. Von Richard Kuhn. 5. völlig neubearb. Aufl. Leipzig 1925, Georg Thieme. Liefg. VI: S. 777—928 m. versch. Abb. Preis 10,50 ℳ. Liefg. VII: S. 929—1056 m. versch. Abb. Preis 12 ℳ.

Aluminothermie. Von Karl Goldschmidt. Leipzig 1925, S. Hirzel. 174 S. m. 81 Abb. Preis geh. 10 ℳ, geb. 12 ℳ. (Chemie u. Technik der Gegenwart Bd. V.)

Die industrielle Kalkulation. Von M. R. Lehmann. Berlin u. Wien 1925, Spaeth & Linde. 263 S. (Bücherei f. Industrie u. Handel Bd. VII). Preis geh. 7,50 ℳ, geb. 9 ℳ.

Baupolitik als Wissenschaft. Von Karl H. Brunner. Wien 1925, Julius Springer. 80 S. Preis 2,85 ℳ.

Bezugsquellenbuch der Deutschen Industrie. Herausg. v. J. Beucker und W. H. Schmidt. 9. verm. Aufl. Hagen/W. 1925, Otto Hammerschmidt. 1888 S. m. verschied. Abb. Preis 25 ℳ.

Der Neutrodyne-Empfänger. Von Dr. Rosa Horsky. Berlin 1925, Julius Springer. 48 S. m. 57 Abb. Preis 1,50 ℳ. (Bibliothek d. Radio-Amateurs Bd. 9.)

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. A. Heller, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 | SONNABEND, 29. AUGUST 1925 | NR. 35

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1148.

Schnellaufende Dieselmotoren für Fahrzeuge.

Von Dr.-Ing. W. Riehm, Augsburg.

Vortrag in der Fachsitzung „Dieselmaschinen" der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg, 1925.

Das Dieselverfahren, das die wirtschaftlichste Verarbeitung der Schweröle gestattet, hat durch die Ausbildung der luftlosen Einspritzung auch im Fahrzeugbetrieb Eingang gefunden. Die wichtigsten Bauarten der Leicht-Dieselmotoren für ortsbewegliche Zwecke werden besprochen und über den MAN-Motor nähere Versuchsergebnisse mitgeteilt. Vergleichende Betrachtung über Dieselmotor und Vergasermotor.

Das Gebiet des schnellaufenden Leichtmotors für Fahrzeuge haben bisher fast ausschließlich die nach dem Explosionsverfahren arbeitenden Vergasermaschinen beherrscht. Die Durchführung dieses Verfahrens ist an die Verwendung gewisser leichtflüchtiger Brennstoffe, wie vor allem Benzin, Benzol und Spiritus sowie deren Mischungen, gebunden. Die Versuche, an deren Stelle billigere und weniger feuergefährliche Brennstoffe, wie die sogenannten Schweröle (Gasöl, Paraffinöl, Braunkohlenteeröl usw.) zu verarbeiten, haben zu keinem befriedigenden Erfolg geführt. Die Ursache dafür muß darin erblickt werden, daß die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Schweröle der wirtschaftlichen Verarbeitung nach dem Explosionsverfahren entgegenstehen.

Einesteils weisen die Schweröle keine annähernd gleichartige Zusammensetzung auf wie leichtflüchtige Brennstoffe, sondern sie bestehen aus sehr verschiedenartigen Kohlenwasserstoffen, deren Siedepunkte sich über einen großen Temperaturbereich erstrecken. Auf der andern Seite zeigen auch die neueren Untersuchungen des Zündpunktes der Schweröle[1]), daß deren Zündpunkt bei höherem Druck bei einer Temperatur liegt, bei der sehr erhebliche Teile des Brennstoffes noch nicht in Dampfform übergegangen sein können. Ihre restlose Verdampfung bei Temperaturen unterhalb des Zündpunktes ist daher unmöglich, so daß in dem in den Zylinder gelangenden Ladegemisch immer unverdampfte Flüssigkeitsteilchen enthalten sein müssen, die sich an den Wandungen niederschlagen, in das Kurbelgehäuse gelangen und die gefürchtete Verdünnung des Schmieröls verursachen. Gleichzeitig führt dieses unvollkommen verdampfte Ladegemisch zu starkem Nachbrennen während des Arbeitshubes und in Verbindung mit den geringen Verdichtungsgraden, die der niedrige Zündpunkt der Schweröle bedingt, zu ungünstigem thermischen Wirkungsgrad und hohem Brennstoffverbrauch der Schweröl-Vergasermotoren.

Diese für die Anwendung des Explosionsverfahrens hinderlichen Eigenschaften der Schweröle weisen vielmehr auf ihre Verarbeitung nach dem Dieselverfahren hin. Hier erleichtern der niedrige Zündpunkt und die Zusammensetzung der Schweröle die sichere Zündung, ruhige Verbrennung und wirtschaftlichste Ausnützung. Schon Diesel selbst hatte daher im Jahre 1910 versucht, sein Arbeitsverfahren auf den schnellaufenden Kleinmotor zu übertragen, und einen Motor von rund 7 PS_e Zylinderleistung bei 600 Uml./min ausgeführt[2]). Obwohl die damaligen Versuche keineswegs als Mißerfolge zu werten sind, haben sie doch erst in den letzten Jahren eine Fortsetzung erfahren, wo die Forderung nach Wirtschaftlichkeit in höherem Maße hervorgetreten ist und man die Erfolglosigkeit des Schwerölbetriebes beim Explosionsverfahren erkannt hat.

Abb. 1. Sechszylinder-Triebwagen-Dieselmaschine von 150 PS bei 1300 Uml./min, Maybach-Motorenbau, Friedrichshafen.

Von den in Deutschland entwickelten neueren Maschinen dieser Art ist zunächst der Triebwagenmotor zu nennen, den die Firma Maybach-Motorenbau, Friedrichshafen, im vorigen Jahr auf der Eisenbahnausstellung in Seddin gezeigt hat[3]). Diese Sechszylindermaschine, Abb. 1, entwickelt bei 1300 Uml./min bis zu 150 PS_e normal 110 bis 120 PS_e. Der Brennstoffverbrauch bei Gasölbetrieb soll 180 bis 185 g/PS_eh bei Normallast betragen. Die Maschine arbeitet nach dem reinen Dieselverfahren mit Luftzerstäubung und ist mit einer Einblaseluftpumpe, die für sich daneben angeordnet ist, ausgerüstet. Das Gewicht mit Luftpumpe und Auspuffrohr beträgt 1200 kg, wobei die Luftflaschen nicht inbegriffen sind.

Wenn es auch nach den heutigen Erfahrungen des Dieselmotorenbaues möglich ist, die Einblaseluftpumpe ebenso betriebsicher und zuverlässig wie bei ortfesten Maschinen auszubilden, so bedeutet sie doch gerade für den Fahrzeug-Leichtmotor eine unerwünschte Beigabe. Sie erhöht mit ihrem Zubehör Gewicht und Raumbedarf erheblich und erschwert auch Wartung und Bedienung der Maschine. Insbesondre ist dies im Wagenbetrieb der Fall, wo die Anpassung des Luftpumpenbetriebes an die starken Schwankungen von Belastung und Drehzahl eine schwierige Aufgabe darstellt.

Diese Schwierigkeiten zu umgehen, ist durch die Durchbildung der luftlosen Einspritzung bei Dieselmaschinen in den letzten Jahren möglich geworden, und man hat mit Erfolg versucht, die bei ortfesten und langsamlaufenden Maschinen erprobten Einspritzverfahren auch auf die schnellaufenden Leichtmotoren zu übertragen. Sieht man

[1]) Tauß u. Schulte: „Über den Zündpunkt und Verbrennungsvorgang im Dieselmotor" Mitt. Chem. Inst. Techn Hochsch. Karlsruhe Heft 2, 1924.

[2]) Z. Bd. 54 (1910) S. 1837.

[3]) Glasers Annalen 1. Nov. 1924 S. 224

Abb. 2.
Zylinderkopf der Vorkammermaschine von Benz & Cie., A.-G., Mannheim.

a Entlüftventil
b Einlaßventil
c Verschlußstück mit Lunte
d Auspuffventil
e Einspritzventil
f Zündkammer
g Brenner

Abb. 4.

Abb. 3 und 4. Ansichten der Vorkammermaschine von Benz & Cie., A.-G., Mannheim.

von dem wohl auch schon für die Leichtmotoren verwendeten Brons-Verfahren[1]) sowie von den verbesserten Glühkopfverfahren[2]) ab, so sind es vor allem zwei Einspritzverfahren, die hier in Frage kommen, nämlich die Zerstäubung des Brennstoffes mittels Vorkammerzündung und die reine Druckeinspritzung oder Strahlzerstäubung.

Bei den Maschinen mit Vorkammerzündung wird der gesamte Brennstoff in eine dem Arbeitsraum vorgelagerte Kammer eingespritzt und ein Teil davon dort verbrannt; die Teilverbrennung in der Kammer liefert dann die Energie zum Einblasen des Brennstoffes in den eigentlichen Arbeitsraum des Zylinders und zur Verteilung und Mischung des Brennstoffes mit der Arbeitsluft. Der Verdichtungsdruck im Zylinder beträgt dabei etwa 34 bis 36 at, der Höchstdruck der Verbrennung etwa 40 at.

Nach diesem Verfahren arbeitet der Motor von Benz & Cie., A.-G., Mannheim, der bereits vielfach zum Antrieb des Benz-Sendling-Motorpfluges und -Schleppers Verwendung gefunden hat. Die Zündkammer im Zylinderdeckel, Abb. 2, ist nach dem Verbrennungsraum hin durch eine auswechselbare Kapsel, auch Brenner genannt, abgeschlossen, die mehrere große Bohrungen enthält. Durch das Einspritzventil (Zerstäuber) oberhalb der Zündkammer wird die gesamte Brennstoffmenge, die von einer Nockenpumpe gefördert wird, in die Zündkammer eingeführt. Durch die infolge der Teilverbrennung in der Zündkammer entstehende Drucksteigerung wird dann die Hauptmenge des Brennstoffes über Bohrungen des Brenners in den eigentlichen Arbeitsraum des Zylinders eingeblasen. Beim Anlassen, das bei dieser Maschine mit der Hand erfolgt, wird zur Einleitung der ersten Zündungen die Temperatur in der Vorkammer durch Abbrennen einer Lunte erhöht, an deren Stelle auch elektrische Heizung treten kann.

Der äußere Aufbau der Zweizylindermaschine von 135 mm Zyl.-Dmr. und 200 mm Hub, die bei 800 Uml./min bis zu 30 PS_e leistet, geht aus Abb. 3 und 4 hervor. Die Zylinder und der Oberteil des Kurbelgehäuses sind in einem Stück aus Aluminium gegossen. Die Kolbenlaufbahnen sind als auswechselbare, gußeiserne Büchsen in den Zylinderblock eingepreßt. Der Zylinderkopf und der Unterteil bestehen aus Gußeisen. Die Brennstoffpumpe ist neben der Maschine angeordnet und steht unter dem Einfluß des Reglers, dessen Drehzahlbereich durch Handverstellung in den Grenzen von 300 bis 800 Uml./min verändert werden kann. Die Maschine ist vollständig gekapselt und mit selbsttätiger Druckschmierung versehen.

Brennstoffmessungen an dieser Maschine ergaben bei Verwendung von Braunkohlenteeröl

bei	30	22,5	15 PS_e	Leistung
	205	210	240 g/PS_eh	Verbrauch.

Nach dem Verfahren der Vorkammerzündung arbeiten auch die Maschinen der Motorenwerke Mannheim A.-G., Mannheim, Abb. 5 bis 7, die mit Gasöl bei Normallast 220, bei ¾ Last 245 und bei ½ Last 295 g/PS_eh verbrauchen. Das Gewicht dieser noch nicht in ausgesprochener leichter Bauart ausgeführten Maschine, die für Schlepper, Kleinlokomotiven usw. Verwendung gefunden hat, beträgt rd. 30 kg/PS.

Bei dem Verfahren der reinen Druckeinspritzung oder Strahlzerstäubung führt man den Brennstoff in die hochverdichtete Arbeitsluft unter hohem Druck ein. Die Zerstäubung des Brennstoffes ergibt sich hier als Folge der hohen Geschwindigkeit, mit der der Strahl in die hochverdichtete Luft eindringt, während die Verteilung des Brennstoffs auf die Arbeitsluft durch entsprechende Anordnung der Düsenbohrungen und durch die Form des Verbrennungsraumes gesichert wird. In Verbindung damit kann man eine weitere Durchmischung von Luft und Brennstoff durch eine Wirbelbewegung der Arbeitsluft herbeiführen, die man durch entsprechende Gestaltung der Einblaseorgane oder durch Verdrängerwirkung im Arbeitsraum hervorrufen kann. Die Entzündung des Brennstoffes erfolgt ausschließlich durch die Verdichtungswärme der Luft und ist daher unabhängig von dem Wärmezustand irgendwelcher Teile des Verbrennungsraumes.

Einen Kleinmotor mit Strahlzerstäubung, den Abb. 8 im Motorfahrrad eingebaut zeigt, hat Dr. Frey entwickelt[3]). Der Arbeitszylinder hat 80 mm Dmr. und 90 mm Hub. Die Leistung hat bei Gasölbetrieb 6 PS_e bei 2400 Uml./min, die Drehzahl beim Leerlauf 4000 Uml./min betragen. Als Brennstoffverbrauch werden 250 g/PS_eh angegeben.

Auch der Kleinmotor von Dorner[4]) und der Motor der Süddeutschen Motoren A.-G., München,[5]) arbeiten mit Druckeinspritzung; letzterer leistet bei 100 mm Zyl.-Dmr. und 140 mm Hub bis 9 PS_e bei 1500 Uml./min. Als günstigsten Verbrauch hat man etwa 185 g/PS_eh erzielt. Nähere Einzelheiten über die Konstruktion sind noch nicht bekanntgeworden.

Maschine der MAN.

Der von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G., Werk Augsburg, entwickelte und durch die vorjährige Automobilausstellung bekanntgewordene Dieselmotor leichter Bauart, Abb. 9 bis 16, benutzt ebenfalls

[1]) s. Z. Bd. 55 (1911) S. 1337.
[2]) s. Z. Bd. 67 (1923) S. 778.

[3]) „Motorwagen" Bd. 27 (1924) S. 28.
[4]) „Wirtschaftsmotor" 1924 Heft 11 S. 5.
[5]) „Auto-Technik" 1924 Heft 26 S. 22.

Strahlzerstäubung. Der scheibenförmige Verbrennungsraum wird durch zwei seitlich angeordnete Einspritzdüsen beherrscht, denen der Brennstoff durch die neben der Maschine angeordnete, mittels Nocken gesteuerte Brennstoffpumpe zugeführt wird. Die Einspritzvorrichtung kennzeichnet sich dadurch, daß hinter dem Druckventil der Pumpe, das in diesem Fall in dem Verteilstück der Brennstoffdruckleitung untergebracht ist, auf dem Weg des Brennstoffes keinerlei bewegte Teile mehr vorhanden sind. Dieser Art der Einspritzung hat man gegenüber dem durch den Brennstoffdruck gesteuerten Brennstoffventil den Vorzug gegeben, weil sie im Aufbau und in der Bedienung einfacher ist, was gerade beim Fahrzeug Bedeutung hat. Auch kann sich bei etwa lufthaltigem Brennstoff, womit man beim Fahrbetrieb infolge der Erschütterungen des Wagens rechnen muß, die ganze Einspritzvorrichtung stets selbsttätig entlüften, da die Luft infolge der verhältnismäßig engen Rohrquerschnitte keine Gelegenheit zur Bildung von Luftsäcken hat, die zum Versagen der Einspritzung führen können.

Die Einspritzdüse, Abb. 10 bis 13, kann nach Lösen von zwei Schrauben sehr rasch, ähnlich wie eine Zündkerze, ausgebaut werden; sie besteht aus nur drei einfachen Teilen, dem Düsenkörper, der Düsenplatte und der Überwurfmutter. Die erwähnte seitliche Anordnung der Einspritzdüsen macht den Zylinderdeckel frei von Einbauten und gestattet, größte Ventilquerschnitte für Ein- und Auslaß zwanglos unterzubringen, so daß auch bei hohen Drehzahlen ein genügendes Luftgewicht in den Arbeitzylinder gelangen kann. Die durch Nocken gesteuerte Brennstoffpumpe wird in bekannter Weise durch Überströmventile geregelt, die mit der Hand oder durch einen Regler eingestellt werden.

Abb. 8.
Kleinmotor mit Strahlzerstäubung von Dr. Frey.

Den **Gesamtaufbau** der Maschine zeigen Abb. 14 bis 16; auf dem Kurbelgehäuse aus Aluminiumguß sitzen die vier in einem Block gegossenen Arbeitszylinder aus Gußeisen. Die Zylinderdeckel für je zwei Zylinder sind ebenfalls vereinigt. Die Ein- und Auslaßventile werden durch zwei getrennte Nockenwellen an den Seiten des Motors gesteuert. Vom bekannten Vergasermotor unterscheidet sich die Maschine im wesentlichen nur dadurch, daß statt des Zündmagneten die Brennstoffpumpe und statt der Zündkerzen die Einspritzdüsen angebaut sind. Die Schmierung des Motors entspricht der bei Vergasermotoren bewährten Umlaufschmierung mit einer von der Maschine angetriebenen Ölpumpe. Ferner ist der Motor mit eigener Kühlwasserpumpe versehen und vollkommen staubdicht gekapselt. Aus dem kalten Zustand kann man die Maschine mit der Handkurbel oder mittels elektrischen Anlaßmotors anlassen, ohne daß besonderer Hilfsbrennstoff oder sonstige Maßnahmen zur Einleitung der Zündung erforderlich wären. Auch die

Abb. 7.

Abb. 5 bis 7. Vorkammermaschine der Motorenwerke Mannheim, A.-G.

Abb. 9. Ansicht des Fahrzeug-Dieselmotors der MAN.

Abb. 10 bis **13.**
Teile der Einspritzdüse des Fahrzeug-Dieselmotors der MAN.

Abb. 16.
Abb. 9 bis **16.** Fahrzeug-Dieselmotor der MAN.

Abb. 14 und **15.**

Beschaffung und Mitführung von Druckluft entfällt selbstverständlich vollkommen.

Das Gewicht des Motors in der vorliegenden Ausführung beträgt rd. 500 kg einschließlich des Schwungrades, das sind rd. 10 kg/PS_e.

Die Ergebnisse von Brennstoffmessungen an einer Maschine dieser Bauart von 115 mm Zyl.-Dmr. und 180 mm Hub bei verschiedenen Drehzahlen sind in Abb. 17 wiedergegeben. Als Brennstoff wurde Gasöl verwendet. Der Brennstoffverbrauch bei Normallast entspricht dem der besten neueren Vergasermotoren, zeigt aber bei abnehmendem Drehmoment das bei kompressorlosen Dieselmotoren bekannte günstige Verhalten, indem der spezifische Verbrauch wesentlich langsamer als bei Vergasermotoren zunimmt. Da in der Praxis meist die kleinere Belastung den Durchschnitt bildet, so ist der Dieselmotor hinsichtlich des Brennstoffverbrauchs dem Vergasermotor erheblich überlegen. So ergaben Vergleichsfahrten mit einem Lastwagen bei Antrieb durch den Dieselmotor über 25 vH Brennstoffersparnis gegenüber dem Antrieb durch einen etwa gleichstarken Vergasermotor, bezogen auf gleichen Heizwert.

Abb. 18 zeigt noch das Verhalten des Motors bei verschiedenen Drehzahlen und größtem Drehmoment. Das Drehmoment nimmt mit der Drehzahl nur langsam ab; das geht auch aus der Linie des mittleren nutzbaren Kolbendruckes hervor, der zwischen 6,4 und 5,5 at liegt. Auch zeigt sich der Brennstoffverbrauch nur wenig von der Drehzahl abhängig.

Der Schmierölverbrauch der Maschine ist sehr niedrig. Messungen während des 50stündigen Dauerversuchs, wobei meist mit Vollast gefahren wurde, ergaben rd. 3 g/PS_eh. Das frische Schmieröl hatte ein spezifisches Gewicht von 0,914, das Öl im Kurbelgehäuse am Ende des Versuchs 0,923. Daraus geht hervor, daß keine Verdünnung des Schmieröles durch Brennstoff stattgefunden hat, die beim Rohöl-Vergasermotor so gefürchtet wird.

Motoren der beschriebenen Bauart sind bereits in mehrmonatigem Dauerbetrieb im Lastwagen und im Motorpflug erprobt worden. Sie haben dabei ihre Zuverlässigkeit und

Abb. 17. Ergebnisse von Brennstoffverbrauch-Messungen am MAN-Fahrzeug-Dieselmotor.

a bei 1200 Uml./min *c* bei 950 Uml./min
b „ 1050 „ *d* „ 800 „

ihre Anpassungsfähigkeit an die Bedienung bei dieser Betriebsweise gezeigt. Weitere Verwendung hat der Motor für den Bootsantrieb, Abb. 19, sowie als Hilfsmaschine auf Schiffen und Motorlokomotiven gefunden; ebenso eignet er sich auch für Eisenbahntriebwagen, Kleinlokomotiven usw.

Dieselmotor und Vergasermotor.

An der Hand des MAN-Motors soll noch eine kurze vergleichende Betrachtung der wesentlichsten Eigenschaften zeigen, wie der Dieselmotor gegenüber dem Vergasermotor zu werten ist. Die Zylinderabmessungen der Maschine sind für eine bestimmte Leistung durch den mittleren nutzbaren Kolbendruck und die Drehzahl gegeben. Der mittlere nutzbare Kolbendruck liegt bei neuzeitlichen Vergasermotoren zwischen 6 und 7 at; beim Studium der Literatur fällt jedoch auf, daß die Angaben hierüber häufig weit auseinanderliegen. Im Gegensatz dazu weichen diese Werte bei Dieselmotoren auch von verschiedenen Firmen und Bauarten nur wenig voneinander ab. Nach Abb. 18 erreicht die MAN-Maschine als mittleren nutzbaren Kolbendruck rd. 6 at und darüber. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß bei ortfesten Maschinen, die mit dem gleichen Einspritzverfahren arbeiten, bei Normallast bis zu 5,8 at mittlerer nutzbarer Kolbendruck gewährleistet werden, der vorübergehend um 20 vH und mehr gesteigert werden kann, also rd. 7 at erreicht. Man darf daher wohl erwarten, daß die Weiterentwicklung beim Dieselmotor die gleichen Werte wie beim Vergasermotor ergeben wird.

Die Drehzahl hat man beim neuzeitlichen Vergasermotor in den letzten Jahren wesentlich gesteigert, so daß Drehzahlen bis zu 3000 Uml./min nicht selten sind. Ob man beim Dieselmotor die Drehzahl ebenso hoch treiben kann, muß erst der praktische Versuch zeigen. Beim MAN-Motor konnte keine obere Grenze, die durch den Verbrennungsvorgang bestimmt wäre, festgestellt werden. Dies bestätigen auch die Ergebnisse des Motors von Dr. Frey, der bei 2400 Uml./min Normaldrehzahl im Leerlauf bis zu 4000 Uml./min erreicht. An sich ist auch nicht erkennbar, worin ein Unterschied zwischen beiden Arbeitsverfahren bestehen sollte, da bei beiden

Abb. 18. Verhalten des MAN-Fahrzeug-Dieselmotors bei verschiedenen Drehzahlen und größtem Drehmoment.

P_e mittlerer nutzbarer Kolbendruck
$N_{e_{sp}}$ spezifische Nutzleistung
N_e Nutzleistung
b_e nutzbarer spezifischer Brennstoffverbrauch.

Abb. 19. MAN-Bootmotor.

praktisch gleiche Zeiten für die Verbrennung zur Verfügung stehen. Für die vor dem Beginn der Verbrennung notwendige Aufbereitung des Brennstoffes durch Vergasung oder Zerstäubung wird man immer schnell genug wirksame Mittel finden können. Der rein mechanische Teil des Einspritzvorganges hat bisher, allerdings wider Erwarten, praktisch die geringsten Schwierigkeiten bereitet und kann auch bei noch höheren Drehzahlen beherrscht werden. Für eine gegebene Leistung wird man somit die Zylinderabmessungen des Dieselmotors ebenso groß oder nur wenig größer als beim Vergasermotor ausführen können.

Fragt man im Zusammenhang damit nach den aus Festigkeitsgründen erforderlichen Abmessungen der Maschine, so ergibt sich, wenn man auch die Gleichdruck-Verbrennungsmaschine in den Kreis der Betrachtung zieht, folgendes Bild: In Abb. 20 bis 22 sind die Diagramme nach verschiedenen Verfahren arbeitender Motoren für den gleichen mittleren indizierten Kolbendruck dargestellt; das Gleichdruckverfahren, Abb. 20, ergibt einen Höchstdruck von 37 at, das sogenannte gemischte Verfahren, das sich aus Verbrennung bei gleichbleibendem Volumen und gleichbleibendem Druck zusammensetzt und bei den Maschinen mit Strahlzerstäubung verwirklicht wird, ergibt einen Verdichtungsdruck von 25 at und einen Höchstdruck von 42 at, während das Explosionsverfahren 8 at Verdichtungsdruck und 28 at Höchstdruck aufweist. Neuere Explosionsmaschinen arbeiten aber auch mit Zünddrücken, die denen des gemischten Verfahrens gleichkommen oder sie noch übertreffen. Auch darf dabei nicht übersehen werden, daß man bei dem Dieselverfahren unvorhergesehene und ungewollte Drucksteigerungen leichter und sicherer als beim Explosionsverfahren vermeiden kann, wo Frühzündungen bekanntlich zu sehr hohen Drücken führen können.

Die Höchstdrücke der Arbeitsdiagramme bestimmen die Abmessungen der Pleuelstange, deren Durchmesser mit der vierten Wurzel aus diesem Druck zunimmt. Im vorliegenden Fall bedeutet dies, daß der Durchmesser der Pleuelstange, vollen Kreisquerschnitt vorausgesetzt, beim Dieselverfahren um 7 und 10 vH und damit das Gewicht um höchstens 14 und 21 vH größer als bei der Vergasermaschine ist.

Für die Bemessung der Kurbelwelle ist der unter etwa 30 bis 35° Kurbelwinkel auftretende größte Tangentialdruck maßgebend. Aus den Tangentialdruckdiagrammen, Abb. 23 und 24, geht hervor, daß die Gleichdruckmaschine größere Tangentialdrücke als die Maschinen mit Strahlzerstäubung

Abb. 20 bis 22. Indikatordiagramme für verschiedene Arbeitsverfahren.
a Gleichdruckverbrennung *b* gemischte Verbrennung *c* Verpuffung.

Abb. 23. Ohne Massenkräfte.

Abb. 24. Mit Massenkräften.

Abb. 23 und 24. Tangentialdruck-Diagramme von Einzylinder-Fahrzeugmaschinen.
a Gleichdruckverbrennung, b gemischte Verbrennung c Verpuffung.

größer ist, also auch das Schwungrad schwerer sein muß. Etwas anders liegen die Verhältnisse bei schnellaufenden Vierzylindermotoren, Abb. 25 und 26, wo gerade der Explosionsmotor das schwerste Schwungrad erfordern würde.

Was den Brennstoffverbrauch angeht, so erreichen nur die besten neuzeitlichen Vergasermotoren den beim Dieselmotor festgestellten Wert von rd. 190 bis 200 g/PSh bei Normallast, im allgemeinen ist ihr Verbrauch aber auch bei gutgeeigneten Brennstoffen wesentlich höher und steigt insbesondre bei kleinen Belastungen rasch an. Für den praktischen Betrieb wichtig ist ferner, daß der Brennstoffverbrauch beim Dieselmotor nicht wie beim Vergasermotor von der Geschicklichkeit und Erfahrung des Fahrers abhängt. Daraus ergibt sich die Überlegenheit des Dieselmotors im Verbrauch.

Der geringere Brennstoffverbrauch des Dieselmotors ist auch für die Bemessung des Kühlers vorteilhaft, der wegen der geringeren im Kühlwasser abzuführenden Wärmemenge um etwa 20 bis 25 vH kleiner werden kann.

Im Schmierölverbrauch ist der Dieselmotor selbst den mit guten Brennstoffen arbeitenden Vergasermotoren mindestens gleichwertig. Insbesondre hat man keine Verdünnung des Schmieröls durch Brennstoff zu befürchten, da der Brennstoff beim Eintritt in den Zylinder schon eine so hohe Temperatur vorfindet, daß er sich nicht an den Zylinderwandungen niederschlagen kann. Ebensowenig kann bei kleinen Belastungen Schmieröl in den Verbrennungsraum emporgesaugt werden, da im Gegensatz zum Vergasermotor auch während des Ansaughubes kein wesentlicher Unterdruck im Arbeitszylinder auftritt.

ergibt. Die Verstärkung der Kurbelwelle gegenüber der der Vergasermaschine führt auf dieser Grundlage zu einer Erhöhung des Gewichtes um etwa 5 bis 6 vH.

Auf die Bemessung der Wandstärken von Kolben, Zylinder, Deckel und Kurbelgehäuse sind die höheren Verbrennungsdrücke von unwesentlichem Einfluß, da diese Teile schon aus anderen Gründen reichlich fest sein müssen. Vermehrtes Gewicht wird daher bei diesen Teilen im allgemeinen nicht in Rechnung zu stellen sein. Berücksichtigt man noch das Gewicht der Brennstoffpumpe gegenüber Zündmagnet und Vergaser, so ergibt sich, daß die Dieselmaschine um höchstens 10 bis 15 vH schwerer als die unter gleichen Voraussetzungen bemessene gleichstarke Vergasermaschine sein wird.

Aus den Tangentialdruck-Diagrammen, Abb. 23 und 24, geht weiter hervor, daß die für die Bemessung des Schwungrades maßgebende Arbeitsaufnahme beim Dieselmotor etwas

Abb. 25. Ohne Massenkräfte.

Abb. 26. Mit Massenkräften.

Abb. 25 und 26. Tangentialdruck-Diagramme von Vierzylinder-Fahrzeugmaschinen.
a Gleichdruckverbrennung b gemischte Verbrennung c Verpuffung.

Von großer Bedeutung für die Verwendung des leichten Dieselmotors im Wagenbetrieb ist seine Anpassungsfähigkeit an die jeweiligen Betriebsverhältnisse. Die bisherigen Versuche auf dem Prüfstand und im Wagenbetrieb haben diese erwiesen. Drehzahl und Drehmoment lassen sich ohne Schwierigkeit in weiten Grenzen regeln. Bei langsamem Lauf und kleiner Belastung kann man auch in einfacher Weise einen oder mehrere Zylinder, etwa durch Offenhalten der Saugventile an der Brennstoffpumpe, ausschalten.

Ebenso wichtig ist die Frage der Wartung und Bedienung. Den besonders hohen Anforderungen an

Einfachheit und Betriebsicherheit, die der Fahrzeugbetrieb stellt, haben sich die Vergasermotoren vollkommen gewachsen gezeigt. Gegenüber diesen treten beim Dieselmotor als neue Elemente die Einspritzdüse und die Brennstoffpumpe an der Stelle von Vergaser, Zündmagnet und Zündkerzen auf. Zu beweisen bleibt, daß diese Teile ebenso einfach und betriebsicher wie jene gestaltet und bedient werden können. Die ortfesten, kompressorlosen Motoren haben sich auch in der Hand von wenig sachverständiger Bedienung als zuverlässig erwiesen, so daß dies auch beim Fahrzeug-Dieselmotor erwartet werden darf.

Mit Bezug auf die Wirtschaftlichkeit sichert bei ungefähr gleichem Preis der Motoren, gleicher Lebensdauer und gleichen Kosten von Bedienung und Instandhaltung der niedrigere Brennstoffverbrauch und der niedrigere Preis der Schweröle dem Dieselmotor stets einen Vorsprung gegenüber dem Vergasermotor. Gasöl kostet zur Zeit den dritten oder vierten Teil von Benzin oder Benzol, so daß die reinen Brennstoffkosten praktisch etwa auf ⅓ zurückgehen dürften. Allerdings sind diese Preisverhältnisse nicht unabänderlich, und außerdem wird das wirtschaftliche Gesamtergebnis auch noch von andern Fragen bestimmt. Fest steht jedenfalls, daß im schnellaufenden Dieselmotor leichter Bauart dem Vergasermotor ein ernsthafter Wettbewerber erstanden ist. [B 676]

Notwendige Arbeiten der Schweißtechnik.

Von Reichsbahnoberrat Füchsel, Berlin.

Mitteilung aus dem Fachausschuß für Schweißtechnik im Verein deutscher Ingenieure.

Regem Unternehmungsgeist steht teilweise Mangel an Vertrauen in die Sicherheit der Schweißungen gegenüber. Stärkung ist von Ausbildung der Arbeitsprüfung zu erwarten. Anforderungen an Schweißgerät, Betriebs- und Schweißstoffe, Förderung der Personalausbildung, Einführung von Zeichen in die Sprache des Konstrukteurs. Aufgaben des Fachausschusses für Schweißtechnik.

Die heutige Lage der Schweißtechnik läßt sich durch zwei Erscheinungen kennzeichnen. Wir bemerken regste Unternehmungslust, die neueren Schweißverfahren, wie beide Arten der Schmelzschweißung mit dem Azetylen-Sauerstoffbrenner und dem elektrischen Lichtbogen, ferner die elektrische Widerstandsschweißung und auch das Thermitschweißverfahren bei Instandsetzung gebrochener oder verschlissener Maschinen- und Bauwerkteile anzuwenden. Besonders im letzten Jahrzehnt sind Hunderte von Unternehmungen für Lohnschweißerei entstanden, die, während die allgemeine Wirtschaftslage im Zeichen bedrohlicher Arbeitslosigkeit steht, volle Beschäftigung finden. Fast alle Großbetriebe haben sich besondere Schweißwerkstätten zugelegt. In steigendem Maß ist die Schweißtechnik auch in industriellen Betrieben, die sich mit Neuanfertigung von Gebrauchsgegenständen befassen, eingezogen. Wenn wir den Ursachen dieser Entwicklung nachgehen, sind unschwer zwei Haupttriebkräfte zu erkennen: die allgemeine Knappheit an Geldmitteln zur Beschaffung von Ersatzteilen und Werkstoffen, sodann die große Leistungsfähigkeit der genannten Schweißverfahren, die gestattet, eine Ausbesserung erheblich schneller und billiger auszuführen, als es bisher bei Beschaffung neuen Werkstoffes und seiner Verarbeitung in der Schmiede, Dreherei und ähnlichen mechanischen Werkabteilungen möglich war. Nicht ganz ohne treibenden Einfluß mag auch die seelische Einstellung des ausübenden Personals, Betriebsleiter und Arbeiter, gegenüber dem Schweißhandwerk sein. Seit Prometheus' Zeiten hat jede Formgebungsarbeit im Feuer, die unmittelbar aus dem Werk unserer Hände hervorgeht und unter unseren Augen sich vollzieht, eine besondere Anziehungskraft auf ihre Schöpfer ausgeübt.

Dem regen Leben der Schweißbetriebe steht zum andern eine gewisse Beklommenheit der für die Betriebsicherheit der Bauteile verantwortlichen Konstrukteure und der Betriebsleitungen solcher Unternehmungen, in denen geschweißte Arbeitstücke Verwendung finden sollen, sowie der zuständigen Aufsichtsbehörden gegenüber. Diese Kreise empfinden den unsicheren Boden des Handwerkes, der in dem Mangel einer unmittelbaren Arbeitsprüfung noch besteht. Abgesehen von den Fällen, in denen der geschweißte Bauteil im ganzen geprüft werden kann, wie z. B. Rohre durch die Wasserdruckprüfung, stehen nur mittelbare Prüfverfahren zur Verfügung, um Auskunft über die Güte der Schweißarbeit zu erhalten. Die schöpferischen Kräfte in der Schweißtechnik fühlten allerorten die Verpflichtung, geeignete Prüfverfahren für ihre Arbeit zu ergründen und ihre Kunden mit ihnen vertraut zu machen. Es läßt sich wohl sagen, daß auf dem Gebiet der Arbeitsprüfung schon viel geschehen ist und der Auftraggeber mit einem verhältnismäßig hohen Sicherheitsgrad der Arbeit rechnen kann. Immerhin ist die Art des Vorgehens vielseitig genug und ein starker Ruf nach Autorität für die Ausbildung geeigneter Arbeitsprüfung zu verspüren, zumal auch ihre wirtschaftliche Seite noch sehr die Nachprüfung der von verschiedenen Geräteerzeuger- und Schweißbetrieben aufgestellten Angaben über den Verbrauch von Betriebstoffen, Energie und Zeit für die Leistungseinheit verlangt. Die Bedeutung der beiden behandelten Merkmale heutiger Schweißtechnik, der Stoßkraft des Unternehmungsgeistes und der Frage nach der Sicherheit, würde noch anschaulicher werden, wenn Zahlen über den Gesamtverbrauch an den Hauptbetriebstoffen Azetylen und Sauerstoff sowie an elektrischer Energie und Schweißstäben innerhalb des deutschen Wirtschaftsgebietes zur Verfügung ständen und wenn eine Angabe über den durchschnittlichen Anteil der Fehlschweißungen an der Gesamtarbeit der Schweißbetriebe mitgeteilt werden könnte. Nur um einen Anhalt über die Größenordnung zu geben, sei erwähnt, daß der Verbrauch an Schweißstäben innerhalb eines Großbetriebes wie der Deutschen Reichsbahn über 500 t (Eisen und Kupfer) für ein Jahr beträgt und daß auch sie trotz ihrer verhältnismäßig weit entwickelten Einrichtungen den Anteil der vollgelungenen Schweißungen noch nicht als hoch genug ansieht.

Es ist die Zeit herangereift, wo die ungebundene Freiheit der Schweißtechnik, die sie anfänglich wie jede technische Neuerung für ihre grundlegende Entwicklung nötig hatte, z. B. im Automobilbau und im Flugzeugwesen, durch planmäßige Bewirtschaftung ihrer einzelnen Teile und Einflußgebiete abgelöst werden muß. Es gilt, noch höhere wirtschaftliche Werte aus der Schweißtechnik herauszuholen. In neuzeitlichem Sprachgebrauch lauten die Forderungen: wirtschaftliche Fertigung auf Grund technischer Berechnung der einzelnen Arbeitstufen und höchster erreichbarer Sicherheitsgrad, nachgewiesen durch Arbeitsprüfungen. Wo der Hebel anzusetzen ist, ergibt die Betrachtung der einzelnen Einflußgebiete der Schweißtechnik.

Vom Schweißgerät, Gasentwickler und Zubehör, Brenner, Stromerzeugungsmaschinen, ist zu sagen, daß seine Gestaltung im allgemeinen über die Anfängerjahre hinaus ist, daß es jedenfalls so beschaffen ist, daß bei gewöhnlicher Sorgfalt in der Verwendung des Schweißstoffes und der Personalauswahl eine brauchbare Arbeit damit erreicht werden kann. Die Weiterentwicklung verläuft zufolge des Wettbewerbes in geordneten Bahnen. Das Anwendungsgebiet des Schmelzschweißverfahrens ist hinsichtlich der Verwendung des Azetylenbrenners und des elektrischen Lichtbogens nur zum Teil genügend klar abgegrenzt, zumeist da, wo Anforderungen an die Zähigkeit der Naht, Begrenzung der Erhitzung der die Schweißstelle umgebenden Zone und Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffes eine Rolle spielen; bei den meisten Schweißarbeiten begegnen wir einem scharfen Wettbewerb beider Schweißarten sowohl hinsichtlich Leistungsfähigkeit, bezogen auf das Metallniederschlagvermögen in der Stunde, als ganz

besonders hinsichtlich der Höhe der Betriebskosten. Bei Blechdicken von 3 mm aufwärts ringt das Schmelzschweißen mit dem Gasbrenner in der Wirtschaftlichkeit heftig mit dem billigen elektrischen Mitbewerber. Dieser wieder ist kein einheitlicher Gegner, enthält vielmehr die beiden Gruppen, das Gleichstrom- und das Wechselstromverfahren, die sich zunächst in der Güte der Arbeit heute noch unterscheiden, in der Höhe der Betriebskosten aber nicht merklich verschieden sind. Der Käufer von Schweißgerät bzw. der Schweißunternehmer verspürt dieser Mannigfaltigkeit des Arbeitsgerätes gegenüber, das jedes für sich bestimmte Eigenart besitzt und von Haus aus auf bestimmte Anwendungsgebiete eingestellt ist, ein dringendes Verlangen nach Richtlinien für Lieferbedingungen für die Beschaffung des erforderlichen Gerätes. Eine große Zahl von Käufern möchte sich hierbei lieber von einer unparteiischen Fachstelle als von den einzelnen Erzeugern selbst beraten lassen. In ähnlicher Lage befand sich ehemals die elektrotechnische Industrie. Durch frühzeitigen Zusammenschluß der Erzeugerkreise war es ihr möglich, Normen für die Beurteilung ihrer Lieferungen aufzustellen und bei der Kundschaft einzuführen. Die Schweißtechnik ist in ihren Erzeuger- und Verbraucherkreisen ungleichartiger Gestalt; der Verbraucher, eingestellt auf die Eigenart der Betriebsbeanspruchung der zu schweißenden Bauteile, tritt mit überwiegendem Einfluß auf die Anforderungen an das Schweißgerät auf. Es mag daher der Lage der Schweißtechnik entsprechen, die Aufstellung der angeregten Liefergrundsätze einem zusammengesetzten Kreis von Sachverständigen, die ihr Vertrauen besitzen, in die Hände zu geben.

Bei den Betriebstoffen Sauerstoff, Azetylengas u. a. und bei den Schweißstoffen: Schweißstäbe aus Flußeisen, Gußeisen, Kupfer u. a., haben wir folgende Lage: Es ist den Schweißbetrieben eine vertraute Tatsache, daß die Güte der Arbeit von der Reinheit der Gase und auch der Schweißstäbe abhängt und daß der Verbrauch an Sauerstoff mit abnehmender Reinheit merklich wächst. Der Hunger nach Schweißgasen und -stäben war jedoch so groß, daß viele Betriebe auf Anforderungen verzichteten oder ihre Nachprüfung unterlassen haben. Flußeiserner Schweißdraht ist häufig unter dem Namen schwedisches Holzkohleneisen gehandelt worden, ohne daß man sich von der Echtheit dieser Angabe überzeugt oder die Frage ergründet hat, ob die deutschen Stahl- und Drahtwerke in der Lage sind, den Schweißdraht in der nötigen Beschaffenheit herzustellen. Die Frage ist restlos zu bejahen. Viele Elektroschweißer verteuern die Arbeit dadurch, daß sie umhüllte Stäbe bei Gleichstrommaschinen verwenden. Die Art der Umhüllung der Stäbe für Schweißarbeiten mit dem Wechselstromlichtbogen wird recht mannigfaltig ausgeführt, volle Klarstellung über den Einfluß der verschiedenen Umhüllungen auf den Metallübergang ist noch nicht erreicht, jedoch eine dringliche Aufgabe der nächsten Zeit. Im ganzen läuft das Bedürfnis der Schweißbetriebe in der Stoff-Frage darauf hinaus, Lieferbedingungen für Gase und Schweißstäbe, in denen sich das technische und wirtschaftliche Höchstmaß, bezogen auf Gruppen von Festigkeits- und Zähigkeitsanforderungen an die Schweißstelle ausprägt, zur Verfügung zu haben. Die Schweißstabsorten für Auftragschweißungen an Bauteilen, die dem Verschleiß durch gleitende Reibung unterliegen und einen gewissen Abnutzungswiderstand aufweisen sollen, sind hierbei mit zu behandeln.

Alle Mühe um die Vollkommenheit von Gerät und Stoff ist vergeblich, wenn die ausübenden Personen ihr Handwerk nicht voll beherrschen. Hier gilt es, verschiedenartige Hemmungen zu überwinden. Die Grundlage der Schweißtechnik ist hüttenmännischer Art. Der heutige Stand der Werkstoffkunde und -prüfung befähigt uns wohl, alle Vorgänge beim Schweißen hinreichend zu verfolgen und dem Schweißer verläßliche Hilfe zur sachgemäßen Durchführung seiner Arbeit zu geben sowie auch die Schweißbarkeit des Ausgangstoffes zu beurteilen. Die Schweißtechnik hat sich jedoch so rasch entwickelt, daß erst ein verhältnismäßig kleiner Kreis der leitenden und ausübenden Personen eine regelrechte fachliche Ausbildung erlangen konnte und vornehmlich diesem Zustande die anfallenden Fehlschweißungen zuzuschreiben sind. Die Aufgabe, fachkundige Arbeiter heranzuziehen, ist wohl in erster Linie Sache der Unternehmer. Doch hat auch die Allgemeinheit die Pflicht, Hochschulen, Fachschulen und öffentliche Ausbildungskurse in ihrer neuerdings stärker einsetzenden Lehrtätigkeit nachdrücklich zu unterstützen, sei es durch Drängen bei der staatlichen Unterrichtsverwaltung auf ausreichende Einrichtung von Lehrstellen, oder durch Zuwendung von Geldmitteln oder durch Bereitstellung von Unterrichtsmitteln, auch Mitteilungen von Erfahrungen der praktischen Betriebe. Die Handwerkskammern werden nicht umhin können, in der Arbeit der Schweißer ein eigenes Handwerk anzuerkennen, wenn sie nachweisen, daß sie zu den Fertigkeiten eines Grundhandwerkes, z. B. des Schmiedes, Schlossers, Mechanikers, eine zusätzliche Fachausbildung als Schweißer erlangt haben.

Sind so die drei Hauptglieder der Schweißtechnik auf eine Stufe allgemeiner Anerkennung gehoben, so gilt es, das Vertrauen in die schweißtechnischen Leistungen durch Regeln der Arbeitsprüfung zu befestigen. Unsere heutigen Prüfverfahren erlauben noch nicht, die Güte einer Schweißarbeit unmittelbar ohne Zerstören des Arbeitsstückes zu bewerten. Wir sind auf die Beurteilung von gleichartigen Versuchsausführungen angewiesen. Die hierzu im Schrifttum niedergelegten Vorschläge bewegen sich zunächst in sachkundiger Bahn, enthalten immerhin Abweichungen in Einzelheiten der Versuchsanordnung, wie z. B. in der Form der Proben, die eine vergleichende Beurteilung des Prüfungsergebnisses verschiedener Prüfstellen hindern. In der höheren Bewertung der Zähigkeitsbestimmung, vor allem durch den einfachen Faltversuch, gegenüber der Festigkeitsprüfung durch den Zugversuch besteht weitgehende Übereinstimmung. Eine Prüfordnung für Schweißarbeiten unter Mitwirken der praktischen Schweißbetriebe und der Verbände und Institute aufzustellen, welche die deutschen Werkstoffnormen, DIN 1605, bearbeitet haben, scheint eine unabweisliche Forderung der Zukunft zu sein. Ihre erste Form mag zweckmäßig zunächst von Sachverständigen der Schweißtechnik aufgestellt werden und sich in den ihnen nahestehenden Unternehmungen einleben.

Wie jede Werkstatt, hat auch der Schweißbetrieb nach Zeichnungen zu arbeiten. Fragen wir den Konstrukteur von heute, ob er die Sprache des Schweißers kennt, so werden wir zumeist ein Nein hören. Daraus erhellt das Bedürfnis, durch Sachverständige die eingeführten Bezeichnungen und Begriffe der Schweißtechnik zusammenzustellen, abweichende Zeichen zu vereinheitlichen und die angenommenen Zeichen der Fachwelt bekanntzugeben. An letzter Stelle würde sich ebenfalls der Normenausschuß mit ihnen zu befassen haben.

Die hier besprochenen Aufgaben beschäftigen die deutsche Fachwelt bereits seit längerer Zeit. Einzelne Kreise, auch wenn sie die erforderliche Zeit hätten aufbringen können, wären nicht in der Lage gewesen, sie vollständig zu lösen. Die Arbeit kann aber wohl durchgeführt werden, wenn eine Arbeitsgemeinschaft der beteiligten Kreise, wie der Erzeuger von Gerät, Betriebstoff und Schweißstäben, ferner der Schweißbetriebe und wissenschaftlichen Materialprüfer sie übernimmt und ein technischer, auf größter Grundlage aufgebauter Verband, der das Ergebnis der Arbeiten erfolgreich verbreiten kann, sie begünstigt. Den wiederholt ergangenen Ruf, allgemeine Angelegenheiten der Schweißtechnik durch ein besonderes Organ zu fördern, hat der Verein deutscher Ingenieure in diesem Frühjahr aufgenommen und einen Fachausschuß für Schweißtechnik ins Leben gerufen. Unter dessen Aufgaben befinden sich die oben behandelten an erster Stelle. Auch die Durchführung solcher wissenschaftlichen Untersuchungen, deren die Praxis in Einzelfällen zur Weiterentwicklung des Schweißgerätes, der Betriebstoffe und des Arbeitsverfahrens bedarf, ist in den Arbeitsplan aufgenommen. [B 611]

Die Grundlagen zur Einführung rationeller Methoden in der Fabrikwirtschaft.

Von Prof. A. Schilling, Berlin.

Der erste Schritt zur rationellen Bewirtschaftung von Unternehmungen besteht in der Aufstellung von drei Grundplänen, nämlich nach Arten, nach Verfahren einschließlich Erzeugnissen und nach Stellen. Anwendungsbeispiele: Grundsätze der Fordschen Herstellungsweise und kurzfristige Erfolgrechnung

Über die heutige und künftige ausschlaggebende Bedeutung rationeller Verfahren für die Bewirtschaftung von Unternehmungen braucht angesichts der amerikanischen Entwicklung nichts mehr gesagt zu werden. Dagegen ist für die Praxis besonders wichtig, wo und wie man bei der Einführung derartiger rationellen Verfahren zu beginnen hat. Eine solche Grundlage, von der aus sich das gesamte Getriebe der Fabrikorganisation folgerichtig und eindeutig aufbauen läßt, war bisher nicht bekannt. Infolgedessen begann man in dem einen Falle mit Zeitstudien (Fristenmessungen), in andern Fällen mit Vordrucken oder Statistik, mit Bureaumaschinen oder Lagerwesen, mit Kalkulation oder mit einem andern Teilgebiet.

Bestimmte Gedankengänge[1]), die dem Arbeitsgebiet des Ingenieurs zum Teil etwas fern liegen, führen indessen sämtlich zu der fest umrissenen Forderung, daß die Grundlage des organisatorischen Aufbaues einer Fabrik durch Aufstellung von drei Grundplänen gewonnen wird. Die Richtigkeit dieser Pläne ist die unerläßliche Voraussetzung für die Richtigkeit des gesamten Aufbaues. Ihrer Aufstellung ist größte Aufmerksamkeit zu schenken. Schon diese Erkenntnis ist bedeutsam.

Grundpläne für den organisatorischen Aufbau.

Die drei Pläne werden dazu benutzt, die z. B. durch eine Fabrik zusammengeschlossenen Wertteile nach drei verschiedenen Gesichtspunkten zu ordnen. Jeder Wertteil wird also dreimal erfaßt. Dabei wird der Wert jedesmal eindeutig im Selbstkostenmaßstabe festgelegt. Für die erste Ordnung ist der Begriff der Arten, d. h. der Charakter der Wertteile als Produktionsmittel maßgebend. Die zweite Ordnung erfolgt nach dem Gesichtspunkte, für welche Erzeugnisse und durch welche Verfahren die Wertteile verwendet sind oder werden, und die dritte Ordnung gibt an, von welchen Stellen innerhalb der Fabrik die Wertteile bewirtschaftet werden.

Wir erhalten also einen Artenplan, einen Verfahren- und Erzeugnisplan sowie einen Stellenplan.

Eine folgerichtige Unterteilung des Artenplanes führt zu folgenden Gruppen[2]):

[1]) Zwei Ableitungen finden sich in Schilling, Die Lehre vom Wirtschaften, Berlin 1925, VDI-Verlag, Abschnitt I und III. Es sind aber noch andre Ableitungen möglich.

[2]) Schilling a. a. O. S. 101.

Abb. 1. Stufenweise Entstehung eines Fertigerzeugnisses.

A. Produktionsmittel mit selbständigem Produktionszweck.

I. Dauerhafte Arten. Der objektive Wert (Preis) bleibt bei sogenanntem wirtschaftlichen Gleichgewicht gleich: Zahlungsmittel (Geld, Geldersatz), Grundstücke.

II. Gebrauchsarten. Der Wert vermindert sich durch Alterung unbeschadet der Benutzung: Einrichtungen, Maschinen, Geräte.

B. Produktionsmittel mit unselbständigem Produktionszweck.

Die Arten der Gruppe B gehen bei der Produktion augenblicklich in andern Arten auf.

III a. Verbrauchsarten. Lagerung ist möglich: Ausgangstoffe, Ausgangshilfstoffe.

III b. Arbeit. Lagerung ist nicht möglich: mechanische Arbeit, menschliche Arbeit (eigene und fremde), Gehälter, Löhne.

Der Erzeugnis- und Verfahrenplan schließt sich an die allgemein gültige Reihenfolge der Stufen, wie ein Erzeugnis entsteht und verwertet wird, an, nämlich

Vorbereitung,
Ausführung,
Auswertung (Vertrieb usw.),
Kontrolle (Abrechnung usw.).

Die Vorbereitung besteht in Konstruktion, Untersuchung und Anpassung der Einrichtungen für Herstellung, Ermittlung und Einkauf der Ausgangstoffe, Festlegen der Herstellungsfristen und -löhne, Terminfestlegung und Arbeitverteilung. Den kennzeichnenden Werdegang in der Herstellung (Ausführung) eines Fertigerzeugnisses aus einzelnen Teilerzeugnissen durch stammbaumartigen Zusammenschluß der Verfahrenäste gibt Abb. 1 an. Bei der Betrachtung nach Verfahren mischen sich die Arten so innig, daß der Anteil der einzelnen Arten am Teil- oder Enderzeugnis nachträglich ohne Aufschreiben nicht mehr feststellbar ist. Der Vertrieb gehört zur dritten Stufe nur bei Herstellung auf Lager. Bei Herstellung auf Bestellung bildet er den ersten Schritt der Vorbereitung. Eine Nachprüfung hinsichtlich Güte der Aus-

Abb. 2. Übersichtsplan nach Verfahren und Erzeugnissen.

Abb. 3. Ecke eines Stellenplanes.

führung und Menge setzt möglichst nach jedem Verfahrenteil ein, während die allgemeine Kontrolle (Festlegung der Selbstkosten) durch die Nachkalkulation (Erzeugnis-Abrechnung) erfolgt.

Da jede Erzeugnissorte diesen Weg läuft, so entsteht ein Übersichtsplan nach Abb. 2, der senkrecht die Verfahrenstufen angibt und wagerecht die beiden Sortengruppen der Verkaufs- und Selbstnutzungserzeugnisse weiter aufteilt. Bei der zuletzt genannten Sortengruppe kommen naturgemäß Vertriebskosten nicht in Frage[1]).

Der S t e l l e n p l a n drückt die Über-, Zu- und Unterordnung aus, die in einer Fabrik bestehen. Seine Aufstellung ist schwierig, weil sich in ihm die besondere Eigenart des Unternehmens ausdrücken soll. Abb. 3 zeigt eine Ecke eines solchen Planes.

Wenn man sich die drei Pläne an je einer Wand einer Raumecke angeordnet denkt, so entsteht die Vorstellung, daß sie sich gegenseitig räumlich durchdringen. Hat man die Wertteile einer Fabrik nach Arten geordnet, so kann jede Art oder Artgruppe für sich danach gegliedert werden, für welche Erzeugnisse oder von welcher Stelle die Wertteile dieser Art ge- oder verbraucht sind. Ferner kann man die nach Erzeugnissen oder Verfahren geordneten Wertteile oder Wertteilgruppen im einzelnen wieder nach Arten und Stellen auflösen. Gleiches gilt für die Auflösung der nach Stellen geordneten Wertteile.

Jeder der drei Pläne ist wichtig. Durch den Begriff der Arten (des Hilfsmittelcharakters) verkehren die Unternehmungen miteinander. Die Ordnung nach Stellen grenzt die Verantwortungsbereiche ab. Die Ordnung nach Verfahren und Erzeugnissen bildet die Grundlage für die Verfolgung des Produktionsganges; sie läßt nur die Wertteile erkennen, die in den Produktionsgang einbezogen sind. Diesen kostenmäßigen Zusammenhang zwischen den drei Plänen zeigt Abb. 4.

[1]) In Abb. 2 ist Stufe 2 (Ausführung) in zwei Unterstufen aufgeteilt, dagegen sind die Stufen 3 und 4 zusammengezogen.

Abb. 4. Kostenmäßiger Zusammenhang der drei Grundpläne.

Verwendung der Zahlungsmittel (Aktiva, Ausgaben)	Herkunft der Zahlungsmittel (Passiva, Einnahmen)
A. Stehende Werte.	
I. Dauerhafte Arten: a) Zahlungsmittel b) Land, Grundstücke	I. ständig verfügbare Zahlungsmittel, Stammittel, Rücklagen
II. Gebrauchsarten: a) immaterielle: Patente, Rechte b) materielle: Wirtschaftseinrichtungen	II. langfristig geschuldete Zahlungsmittel, Hypotheken
III. Verbrauchsarten: a) lagerungsfähige Ausgang- und Hilfstoffe, Halberzeugnisse, Fertigerzeugnisse	III. kurzfristig geschuldete Zahlungzmittel, Bank-, Wechsel-, Buchschulden usw.
Durchgangswerte	Durchgangswerte
B. Umlaufende Werte.	
Aufwendungen für:	Erlöse, Bestandänderungen:
I. Dauerhafte Arten: a) Zinsen, b) Pacht	I. Dauerhafte Arten: a) Zinsen, b) Pacht — Bestandänderungen
II. Gebrauchsarten: a) Lizenzen b) Miete, Abschreibungen	II. Gebrauchsarten: a) Lizenzen, b) Miete — Bestandänderungen
III. Verbrauchsarten: a) lagerungsfähige Ausgangstoffe, Ausgangshilfstoffe, Energiestoffe b) nicht lagerungsfähige, eigene Arbeit, Arbeiten Dritter usw.	III. Verbrauchsarten: Fertigerzeugnisse — Bestandänderungen
Überschuß	

Tafel I. G e t e i l t e r A r t e n p l a n.

Aus der Abbildung geht ferner hervor: Es ist notwendig, die Ordnung nach Arten und Stellen so zu unterteilen, daß die Wertsummen der unteren Teile gleich der Wertsumme der Erzeugung sind. Diese unteren Wertsummen, die umlaufenden Werte, heißen in den Ordnungen nach Arten und Stellen A u f w e n d u n g e n, in der Ordnung nach Erzeugnissen S e l b s t k o s t e n. Die beiden oberen Wertsummen heißen s t e h e n d e W e r t e. Die Gliederung der Aufwendungen muß dieselbe sein wie die der stehenden Werte. Es findet ein ständiges Fließen der Werte von oben nach unten statt, bis Gleichgewicht eintritt, wobei für jeden Augenblick grundsätzlich das Gesetz der Gleichheit der Wertsummen gilt. Am Ende einer Betriebsperiode (Monat, Jahr) werden die umlaufenden Werte wieder in die stehenden Werte einbezogen und das Spiel beginnt von neuem.

Diese Ableitungen führen zu einer Darstellung des Artenplanes, den Tafel I grundsätzlich angibt. Die Tafel zeigt eine wagerechte Zweiteilung in stehende und umlaufende Werte. Sie zeigt außerdem eine senkrechte Zweiteilung in Herkunft und Verwendung der Zahlungsmittel, die dazu dient, aus Gründen der Sicherung die Anwendung der doppelten Buchführung zu ermöglichen. Die bereits erörterten Artgruppen sind durch I, II und III gekennzeichnet.

Es ist teils schwer möglich, teils unwirtschaftlich, die umlaufenden Wertteile sämtlich nach Verfahren und Erzeugnissen zu sammeln. Ohne Schwierigkeit gelingt dies nur bei den Erzeugnislöhnen und den Erzeugnisausgangsstoffen, d. h. den E r z e u g n i s e i n z e l k o s t e n, ferner bei einer Anzahl Aufwendungen, die für eine Serie oder Gruppe von Erzeugnissen gemeinsam auflaufen (Modelle, Patente), d. h. den E r z e u g n i s g e m e i n k o s t e n. Der Rest der Selbstkosten für die Erzeugung muß, damit die Wertteilsumme dieser Ordnung vollständig wird, aus der Ordnung nach Stellen herübergeholt und „umgelegt" werden. Dieser Rest, in der

Praxis Unkosten genannt, ist also nichts andres als ein Teil der umlaufenden Werte nach Stellen geordnet. Auch hier sind Stelleneinzelkosten und Stellengemeinkosten zu unterscheiden. In welcher Weise diese Kosten herübergeholt werden, sei hier nicht berührt. Außer den „Unkosten" werden auf den Stellen auch noch andre Wertteile gesammelt, z. B. die Löhne in den Lohnlisten der Meistereien. Eine lückenlose Ordnung aller Wertteile nach Stellen findet sich aber zurzeit wohl nirgends.

Bezüglich der umfangreichen Darstellung, wie sich, ausgehend von den drei Grundplänen, das Gesamtgebiet der Organisation einer Fabrik folgerichtig aufbauen läßt, sei auf die Literatur verwiesen[1]). Es seien hier nur zwei wichtige

Anwendungsbeispiele

angeschlossen, nämlich die Schilderungen erstens des Wesens der neuzeitlichen Fabrikationsweise z. B. am Förderstrang, deren äußerste Grenze die Fordsche Herstellungsweise bildet, sowie zweitens der Grundsätze der kurzfristigen Erfolgrechnung.

1. Fordsche Fertigungsweise.

Es bedeutet eine außerordentliche Erleichterung und Verbilligung, wenn man einen der drei Pläne entbehren kann. Dies gelingt für den Plan der Erzeugnisse meist in allen Stufen mit Ausnahme der Hauptstufe, der Ausführung. Richtet man für die Vorbereitung insgesamt oder deren Unterstufen (Konstruktion, Einkauf usw.) den Vertrieb (die Auswertung) und für die Kontrolle (Nachkalkulation) je besondere in sich geschlossene Stellen ein, so geht bezüglich dieser Stufen der Erzeugnisplan vollkommen im Stellenplan auf. Die betreffenden Stellen schließen dann auch die erwähnten Verfahrenstufen oder Unterstufen ein. Sammelt man also die Aufwendungen dieser Stellen, so erhält man gleichzeitig scharf abgegrenzt die Selbstkosten der entsprechenden Verfahrenstufen.

Die einzige Ausnahme bildet, wie erwähnt, die Stufe der Ausführung, die allerdings den bei weitem größten Hauptteil der Selbstkosten in sich vereinigt. Der allgemeinste Fall der Ausführungsstufe wird durch Abb. 5 dargestellt. Die Fabrikationsstellen seien durch 1 bis 8 gekennzeichnet. Die Ausgangstoffe können bei jeder der acht Stellen eintreten, Stellen überspringen und bei jeder Stelle austreten. Dieser Fall ist praktisch verwirklicht, wenn eine Fabrik ihren Maschinenpark in Dreherei, Fräserei, Hobelei, Härterei usw. aufgeteilt hat. Ein Werkstück kann zuerst gedreht oder gefräst oder gehobelt werden, kann dann fertig bearbeitet sein oder an beliebige andre Werkstätten weiterlaufen. Man muß sich daher in diesem allgemeinsten Fall für jede Stelle Förderwege eingerichtet denken, die nach jeder andern Stelle laufen und von jeder andern Stelle zurückkehren. Dies ist in der Abbildung für die Stellen 2 und 6 durch Strahlen dargestellt. Das entstehende Strahlengewirr, gleichbedeutend mit einer überaus großen Anzahl von Förderwegen, läßt schon aus wirtschaftlichen Gründen, abgesehen vom Raumbedarf und infolge der Unmöglichkeit einer Anordnung von so zahlreichen Kreuzungen, die Anwendung von Fördersträngen oder irgendwelcher mechanischer Mittel zur zwangläufigen (starren oder elastischen) Verbindung der Stellen nicht zu.

Umgekehrt liegt der Fall, wenn der Lauf der Verfahren, teils in Hintereinander-, teils in Parallelschaltung, sich nicht ändert, Abb. 6, jede Stelle also nur mit zwei andern Stellen, einer liefernden und einer empfangenden, oder bei Montagearbeiten nur mit einer empfangenden Stelle, in allen Fällen aber mit denselben Stellen in Verbindung steht. Dies bedeutet grundsätzlich nichts andres, als daß der Verfahrenplan nach Abb. 2 und der Stellenplan nach Abb. 3 auch in der Stufe der Ausführung übereinstimmend gemacht werden kann. Diesen Grundsatz hat Ford für den Autobau fast bis zum äußersten ausbauen können, weil die großen Erzeugnismassen die Errichtung besondrer in sich geschlossener Werkstätten fast für jeden Verfahrenast zuließen. Ford hat also sogar bei der Herstellung schon sehr vielteiliger Maschinen den Erzeugnis- und Stellenplan auch in der Stufe der Ausführung fast völlig identisch machen können.

Bezeichnen wir die verschiedenen Betrachtungsweisen mit „Dimensionen" (wie dem Ingenieur geläufig), so können wir im allgemeinen Falle von einem teilweise dreidimensionalen, bei der Fordschen Herstellungsweise wegen des völligen Zusammenfallens zweier Pläne von einem fast völlig zweidimensionalen Organisationsaufbau sprechen. Ein restlos zweidimensionaler Aufbau ist aber schon nicht bei reiner Massenherstellung, noch weniger bei Reihenherstellung zu erreichen. Trotzdem sind auch für geringere Mengen große wirtschaftliche Vorteile dadurch zu erzielen, daß man wenigstens den Hauptteil der Ausführungsstufe mit bestimmten Stellen zur Übereinstimmung bringt. Gewisse Sonderwerkstätten werden allerdings in Werken kleineren Umfanges niemals in einzelne Teile aufgelöst werden können, um je an den einzelnen Verfahrenästen aufgestellt zu werden. So wird eine Armaturenfabrik ihre Vernickelei oder eine Werkzeugfabrik ihre Härterei nicht in einzelne Teile aufspalten und diese Teile den verschiedenen Verfahrenästen angliedern.

Verfahrenplan und Erzeugnisplan werden demnach um so mehr, wenn auch nicht restlos, zusammenfallen können, je mehr Massen erzeugt werden. Bei den Rüstwerkstätten (Montagen) fallen Verfahren und Stellen fast stets zusammen. Aus diesem Grunde haben sich gerade für die Rüstwerkstätten Förderstränge besonders eingeführt.

Bedingung bleibt allerdings stets, daß die Übereinstimmung der Pläne nicht nur für eine Sorte, sondern für alle Sorten der herzustellenden Erzeugnisse zutrifft. Entweder müssen die herzustellenden Sorten hinsichtlich der Fabrikation verwandt sein und dürfen auch in der Konstruktion nicht allzu stark voneinander abweichen, oder man muß für die Herstellung der verschiedenen Sorten verschiedene Werkabteilungen benutzen.

Der reine Warenhandel ist durch den Fortfall der Stufe der Ausführung gekennzeichnet. Er läßt sich deshalb wohl stets zweidimensional organisieren. Dies bedeutet, daß die Aufstellung von zwei Plänen (nach Arten und Stellen) ausreicht. In der Praxis versucht man sogar meist mit einem Plan, den Buchhaltungskonten, auszukommen, wenngleich dies nach unsern Ableitungen unzulänglich ist.

Wir leiten für unser Beispiel ab: Nach Aufstellung der drei geschilderten Pläne besteht zur Einrichtung einer wirtschaftlichen Herstellung die wichtigste Vorarbeit darin, die beiden Pläne der Verfahren und Stellen auch in der Verfahrenstufe der Ausführung soweit es irgend möglich, zur Deckung zu bringen. Die Vorteile liegen in einer Verbilligung der Produktion und der Organisation.

Abb. 5. Schematische Darstellung des allgemeinsten Falles der Verfahrenstufe der Ausführung.

Abb. 6. Schematische Darstellung des gleichbleibenden Verlaufes der Verfahrenstufe der Ausführung.

[1]) Schilling a. a. O.

2. Die kurzfristige Erfolgrechnung.

Das Ergebnis des Wirtschaftens ist für ein zweidimensional organisiertes Unternehmen im allgemeinen nicht allzuschwer festzustellen. Es ist, wie aus Tafel 1 hervorgeht, nicht gleich dem Unterschied zwischen Erlös und Aufwendungen (dem Überschuß), sondern es sind dabei noch die Bestandänderungen zu berücksichtigen. Die Feststellung geschieht im allgemeinen durch die alljährliche Inventur. Die Forderung, das Ergebnis des Wirtschaftens nicht nur jedes Jahr, sondern in kürzeren Zeitspannen, etwa jeden Monat, festzustellen, wird aber immer dringender. Da eine Inventur kostspielig und störend ist, muß nach andern Feststellungsverfahren, vor allem für die Bestandänderungen, gesucht werden. Beim Handel vollziehen sich die Bestandänderungen nur in wirklichen oder gedachten Lagern. Sie seien als Lagerbestandänderungen bezeichnet. Ermittelt man den Wert dieser Änderungen in der Weise, daß man die Mengen mit den Verkaufpreisen multipliziert, so begeht man einen kleinen Fehler. Man hat nicht berücksichtigt, daß die Lagerbestände schon die Verfahrenstufe der Vorbereitung durchlaufen und dabei Wertteile aller Arten aufgenommen haben (Zinsen, Miete, Abschreibungen der Einrichtungen, Schwund, Packstoffe, Gehälter für den Einkauf, Lade- und Packlöhne, Frachten u. a. m.).

Diese Werterhöhung könnte in genauerer Weise nur durch eine richtige Selbstkostenberechnung ermittelt werden, wobei für jede einzelne Stoffsorte festzustellen wäre, wieviel Wertteile von ihr von Anfang bis zum Stichtage aufgesogen sind.

Wenn man sich in der Praxis im Interesse der Einfachheit mit mehr oder weniger summarischen Zuschlägen begnügt, so ist dies nur dann zulässig, wenn die Kosten der Vorbereitungsstufe im Verhältnis zum Einkaufspreis niedrig sind. In solchen Fällen arbeitet man eindimensional, d. h. man begnügt sich mit dem Artenplan. Bei hohen Vorbereitungs- und Vertriebskosten ist auch bei reinem Handel (d. h. auch wenn die Verfahrenstufe der Ausführung fehlt) nicht nur eine Selbstkostenberechnung, sondern überhaupt die Beachtung der Verfahrendimension und die Ordnung der Wertteile nach einem zweiten Plan zweckmäßig. Diese zweite Ordnung wird aber notwendig, wenn die Verfahrenstufe der Ausführung hinzutritt.

Es sei zunächst Übereinstimmung zwischen Verfahrenästen und Stellen, also eine völlig zweidimensionale Produktion, angenommen. Nun ändert sich der Bestand nicht nur in den Lagern, sondern auch in den Betriebs(Produktions)-Stätten. Das sind die Änderungen der Halberzeugnisbestände. Der Charakter dieser Änderungen kann derselbe sein, wie in den Lagern, wenn nämlich eine Ausgangstoffsorte nur umgewandelt, nicht aber mit andern Ausgangstoffsorten vereinigt wird. Es kann aber auch ein anderer Charakter durch Vereinigung zweier oder mehrerer Ausgangstoffe oder -erzeugnisse vorherrschen. Man spricht dann in besonderen Fällen (z. B. im Maschinenbau) von Montage.

Da eine zweidimensional organisierte Erzeugung nur für einheitliche Massen- oder Reihenerzeugnisse (Walzdraht, Zement) durchführbar ist, so lassen sich ohne großen Zeitaufwand durch die Nachkalkulation am Ende einer Zeitspanne (eines Monats) außer den Selbstkosten der fertiggestellten und verkauften Erzeugnisse auch noch die der Halberzeugnisse ermitteln. Aus gleichen Gründen ist auch die Feststellung der Selbstkosten der fertiggestellten Erzeugnisse einfach (Divisionskalkulation). Die erforderlichen Additionen umfassen nämlich immer große Posten.

Nach Abb. 4 müssen die Aufwendungen nach Arten gleich den Selbstkosten sein. Diese identische Gleichung ermöglicht eine gute Nachprüfung der Nachkalkulation. Anders liegt der Fall, wenn die Stufe der Ausführung dreidimensional organisiert werden muß. Dies trifft im wesentlichen für die Mehrzahl der Betriebe zu. Die Deckung zwischen Verfahren und Stellen ist, wie im ersten Beispiel gezeigt, schon bei reiner Massenherstellung völlig kaum zu erreichen. Sie ist unmöglich bei Einzelherstellung und kleineren Serien, also besonders den Betrieben des Maschinenbaues. Hier handelt es sich wohl stets um die Herstellung einer sehr großen Anzahl von Einzelteilen und um zahlreiche Vereinigungen (Vormontagen, Gruppenmontagen, Fertigmontage). Die Addition der aufgelaufenen Selbstkosten der Halberzeugnisse wird hier zu mühsam und zu kostspielig. Die Ermittlung der Selbstkosten für die Fertigerzeugnisse macht ohnehin beträchtliche Mühe, weil hier jedes Erzeugnis oder jede Erzeugnisreihe besonders abgerechnet werden muß. Die Grenze, jenseits deren das Verfahren der Addition der Selbstkosten für Halberzeugnisse nicht mehr zu verwenden ist, wird also nur durch die Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit gezogen.

Hier schafft die nachstehende Überlegung einen Ausweg: Die

Abb. 7. Schema der kurzfristigen Erfolgrechnung.

Abb. 8. Schema der Kostenzusammenhänge nach V. d. M. A.

Selbstkosten der verkauften Erzeugnisse S sind gleich dem Erlös E weniger dem Gewinn G. Aus dieser Gleichung ist ebenso, wie in den bereits geschilderten Fällen der Überschuß (Gewinn) zu ermitteln. Da dieser allein keinen Maßstab für das Ergebnis des Wirtschaftens darstellt, ermitteln wir die Bestandänderungen, indem wir setzen: Gesamtaufwendungen nach Arten A weniger Selbstkosten der verkauften Erzeugnisse S, gleich Bestandänderungen B. Die Beziehungen zwischen den Ordnungen nach Arten und Verfahren werden nunmehr durch eine Bestimmungsgleichung dargestellt. Eine Nachprüfung der Nachkalkulation durch die Beziehungen einer identischen Gleichung ist also nicht mehr möglich. Sie erfolgt durch Inventur jährlich oder durch nachträgliche Addition etwa im Laufe des Monats zwei- bis dreimal jährlich.

Diese Zusammenhänge verdeutlicht Abb. 7, die gleichzeitig den allgemeinsten Fall eines folgerichtig aus drei Plänen aufgebauten Organisationsgerüstes eines Unternehmens zum Ausdruck bringt.

Den Unterschied zwischen der dargebotenen und der bisher üblichen Darstellung erkennt man durch einen Vergleich von Abb. 7 und Abb. 8, die der neuesten Abhandlung des Vereines deutscher Maschinenbau-Anstalten[1]) entnommen ist; hier sind die drei Arten der Betrachtung weder in der Darstellung noch organisatorisch auseinandergehalten. Auch die stehenden und die umlaufenden Werte sind nicht getrennt. Die grundsätzliche Gliederung ist aus genannten Gründen auch nicht gelungen, obwohl dieser Punkt entscheidet.

Zunächst muß die Gliederung nach Arten begrifflich eindeutig sein. Ein großes Sammelbecken „Verschiedenes" zerreist den Aufbau nach Arten und damit die begrifflich richtige Folge des Artenplanes. Werden mit dem Artenplan zwei oder mehrere andere Betrachtungsweisen vereinigt, so wird keine der Arten richtig und vollständig erfaßt. Trotzdem findet man in der Praxis fast stets in der Artengliederung (den Buchhaltungskonten) aus anderen Betrachtungsweisen stammende Begriffe wie Handlungsunkosten, Vertriebsunkosten usw. Durch solche Begriffsfehler wird die organisatorische Grundlage und Weiterentwicklung im Keim erstickt. Man ist nicht in der Lage, die neueren amerikanischen Verfahren, z. B. der Bildung von Verhältniszahlen[2]) anzuwenden.

Die gleichen Bemerkungen gelten für die Verfahrendimension. Der Plan enthält zwar die Stufen Betrieb (Ausführung), Vertrieb (Auswertung) und Abrechnung (Kontrolle), aber sie sind über die ganze Darstellung zerstreut. Die wichtige Vorbereitungsstufe (Konstruktion, Einkauf usw.) fehlt. Auch hier wird durch unrichtigen begrifflichen Aufbau die Möglichkeit der Anwendung neuzeitlicher Verfahren, z. B. der Berücksichtigung des Nutzungsgrades[3]) zerstört.

Auch die Erkenntnis, daß sämtliche Stufen und ihre Unterteilung, mit Ausnahme der Ausführung, stets mit dem Stellenplan zur Deckung gebracht werden können und sollen, fehlt in diesem Plan, denn die Abbildung weist noch einen selbständigen Sammelbegriff „Kostenstellen" auf. Ferner hat man die Möglichkeit, wenigstens eine der beiden Koordinaten zur zahlen-, hier wertmäßigen Darstellung zu verwenden, nicht ausgenutzt, eine Darstellung, die zur sicheren Erfassung der Zusammenhänge nicht entbehrt werden kann. Formeln[4]), die ihre Form je nach der gewählten primären begrifflichen Ordnung und Gliederung ändern, dürften überflüssig sein. Auch der vielfach beschrittene Weg, sich durch sogenannte Laufbilder (Bilder mit Angabe des Laufes der Vordrucke) Klarheit zu verschaffen, kann nicht zum Ziele führen.

Die Feststellungen der angezogenen Schrift, die an sich eine gute Übersicht über in der Praxis benutzte empirische Verfahren darbietet, können nach allem noch nicht als vollkommene Lösung der Grundaufgabe angesprochen werden. Solche Lösungen müssen sich vielmehr auf drei begriffsrein aufgestellten Grundplänen aufbauen. Ob man die doppelte Buchführung nur für den Artenplan, für den sie unentbehrlich sein dürfte, oder auch für die anderen Pläne anwendet, kann im Vergleich zu den Ordnungsfragen zurückstehen.

Schlußbemerkungen.

Die Aufstellung von drei Grundplänen gilt nicht nur für Fabriken und Unternehmen, sondern für jede beliebige Form menschlicher (soziologischer) Zusammenschlüsse (Einheiten), so auch für staatliche Schulen, Vereine und staatliche Verwaltungsstellen. Dies hat man in Amerika gefühlsmäßig erfaßt, indem man die Lehren des Wirtschaftens (management) auch auf solche Zusammenschlüsse anwendet.

Die Notwendigkeit der Betrachtung von drei Gesichtspunkten gilt aber auch für eine Gruppe von Unternehmen, für die gesamte Volkswirtschaft und die Gesamtheit der Zusammenschlüsse (die gesamte Soziologie). Nur kommt hierbei noch eine vierte Betrachtungsweise, nämlich die nach den gegenseitigen räumlichen Zuordungen (Wirtschaftsgeographie) hinzu, die bei einzelnen Unternehmungen oder einzelnen Zusammenschlüssen vernachlässigt werden kann. Die allgemeine Statistik, die zahlenmäßig die Zusammenhänge zwischen einer Summe von Zusammenschlüssen methodisch zur Darstellung bringen soll, muß sich also auf vier Grundordnungen aufbauen.

Im Gegensatz dazu beschäftigt sich die Statistik eines einzelnen Unternehmens nur mit denjenigen Darstellungen, die die auf den drei Grundplänen aufgebaute Organisation nicht von selbst darbietet.

Diese Schlußbemerkungen sollen lediglich andeuten, daß die Grundlehren des Wirtschaftens und der Organisation einen durchaus allgemeinen Charakter zeigen. Sie gelten für ein beliebiges einzelnes Unternehmen wie für eine Summe von Zusammenschlüssen. Die noch häufig anzutreffende Anschauung, der Aufbau der Organisation richte sich völlig oder wenigstens zum größten Teil nach dem technischen Charakter der herzustellenden Erzeugnisse, dürfte daher irrig sein.

[B 797]

[1]) Verein deutscher Maschinenbauanstalten. Selbstkosten-Nachrechnung und Buchhaltung in Maschinenfabriken 1925, Schema 9.
[2]) Vergl. Schilling a. a. O. Abschn. VII.
[3]) Vergl. Schilling a. a. O. Abschn. XI, 5 oder Peiser: Der Einfluß des Beschäftigungsgrades auf die industrielle Kostenentwicklung, Berlin 1924, Julius Springer.
[4]) Verein deutscher Maschinenbauanstalten a. a. O. S. 10.

Neuere Erkenntnisse und Richtlinien der Feuerungstechnik.

Von Dipl.-Ing. Schulte, Direktor des Dampfkessel-Überwachungs-Vereines, Essen.

Vorgetragen auf der Kohlentagung in Essen am 26. April 1925.

(Schluß von S. 946.)

Die Verbrennung des Koksrückstandes.

Auf die Brennzeit und Vollkommenheit der Verbrennung des Koksrückstandes sind folgende Verhältnisse von Einfluß:

1. die Brenngeschwindigkeit des entgasten Koksrückstandes,
2. die Verbrennungstemperatur,
3. „ Lufttemperatur,
4. der Luftüberschuß,
5. die Luftgeschwindigkeit,
6. „ Körnung,
7. „ Oberflächenbeschaffenheit,
8. „ Dichte der Lagerung,
9. „ Schichthöhe und
10. der Aschengehalt.

Die Brenngeschwindigkeit des entgasten Koksrückstandes soll je nach dem Ursprung der Kohle verschieden sein. Genauere Laboratoriumversuche liegen jedoch darüber noch nicht vor.

Die theoretische Verbrennungstemperatur des festen Kokses ist unter gleichbleibenden Verhältnissen eine feststehende Größe. Sie wird aber durch den Luftüberschuß und den Wassergehalt des Brennstoffes verringert (s. Zahlentafel 2). Die wirkliche Temperatur in der Brennschicht ist aber um so größer, je stärker sie ist. Eine Wärmeabgabe findet in den unteren Schichten an die Verbrennungsluft, in den oberen Schichten an die Heizflächen bzw. an den Feuerraum statt. Also ist auch das Maß dieser Wärmeabgabe von Einfluß auf die Temperatur in der Brennschicht. Bei großem Luftüberschuß und starker Abstrahlung an den Feuerraum bzw. die Heizfläche wird also die Temperatur niedriger als bei geringem Luftüberschuß und geringer Abstrahlung.

Ferner ist noch der Gasgehalt der Kohle von Einfluß auf die Temperatur in der Brennschicht. Bei Magerkohlen wird die Schichttemperatur am höchsten, weil bei ihnen fast die gesamte Verbrennungsluft zur Verbrennung der Kohle auf dem Rost dient, der auf den Koksrückstand bezogene Luftüberschuß daher am geringsten ist. Bei gashaltigen Brennstoffen wird ein sehr großer Teil der Verbrennungsluft (bis zu 50 vH) zur Verbrennung der Gase über dem Rost verwandt. Dabei ist der auf den Koksrückstand bezogene Luftüberschuß λ unter Umständen das Vielfache desjenigen für Magerkohle (s. Zahlentafel 3 und Abb. 9). Unter Umständen kann jedoch die hohe Temperatur störend wirken, wenn nämlich dadurch die in der Kohle enthaltene Asche zum Schmelzen gebracht wird, so daß sie die Koksteilchen mit einer schützenden Glasurschicht umhüllt, sie von der Luftzufuhr absperrt, die Rostspalten verschmiert und den Luftzutritt hindert. Dies trifft also vor allen Dingen zu für Magerkohlen, wobei ein hoher Aschengehalt und niedriger Aschenschmelzpunkt erschwerend wirken kann. Die Vorwärmung des Unterwindes ist daher nicht in allen Fällen angebracht; sie ist bei gashaltigen, wasserhaltigen Brennstoffen empfehlenswerter als bei mageren und wasserarmen Brennstoffen.

Nusselt stellte schon 1916[1]) für die verbrannte Kohle in kg folgende Formel auf:

$$K = 0{,}1736 \frac{k_0^{0{,}214}\, p^{0{,}786}\, w^{0{,}786}\, F\, Z\, O_2}{T^{0{,}472}\, d^{0{,}16}\, L^{0{,}054}},$$

worin bedeutet:

K verbrannte Kohlenmenge in kg,
k_0 Diffusionszahl bei 0° und 1 at,
p Gasdruck in kg/m²,
w mittlere Gasgeschwindigkeit in m/s,
F Kohlenoberfläche in m²,
Z Brennzeit in h,
O_2 Sauerstoffkonzentration,
T absolute Temperatur,
d Durchmesser der Gaskanäle in m und
L Länge der Gaskanäle in m.

Wenn auch die Formel wegen einer Reihe nicht bestimmbarer Werte (k_0, w, F, p, T, d, L) praktisch nicht verwertet werden kann, so zeigt sich doch, welche Einflüsse überhaupt auf die Verbrennung einwirken und wie hoch diese ungefähr zu werten sind. Von unwesentlichem Einfluß sind beispielsweise die von der Schichthöhe abhängige Länge der Luftkanäle, deren durch die Dichte der Lagerung bedingter Durchmesser und die Diffusionszahl. Dagegen ist schon wesentlich stärker der Einfluß von

Abb. 9. Theoretische Temperaturen der entgasten Brennstoffschicht.

Zahlentafel 2. Verbrennungstemperaturen von festem Kohlenstoff.

Luftüberschuß λ	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
Wassergehalt 0 vH . . .	2270	1890	1615	1420	1270
„ 10 „ . . .	2185	1855	1590	1400	1245
„ 20 „ . . .	2145	1795	1560	1375	1220
„ 30 „ . . .	2050	1740	1510	1330	1195
„ 40 „ . . .	1940	1650	1435	1270	1145
„ 50 „ . . .	1805	1550	1355	1205	1080
„ 60 „ . . .	1625	1400	1235	1105	995

Zahlentafel 3. Theoretische Temperatur der entgasten Brennstoffschicht[2]).

Gehalt an flücht. Best. vH		0	10	20	30	40	50	60	70
Luftbedarf für C_{fest} vH		100	85,5	76,6	69,6	64,5	60,3	56,5	53,5
$\lambda = 1{,}0$	λ_c	1,00	1,156	1,306	1,437	1,551	1,660	1,771	1,870
	t_c	2270	2010	1825	1675	1560	1520	1400	1340
$\lambda = 1{,}25$	λ_c	1,25	1,445	1,632	1,796	1,939	2,074	2,213	2,338
	t_c	1890	1670	1540	1390	1300	1225	1145	1100
$\lambda = 1{,}5$	λ_c	1,50	1,734	1,958	2,155	2,326	2,489	2,657	2,804
	t_c	1615	1430	1285	1180	1105	1040	985	940
$\lambda = 1{,}75$	λ_c	1,75	2,023	2,385	2,515	2,713	2,903	3,100	3,872
	t_c	1420	1255	1080	1035	965	910	860	815
$\lambda = 2{,}0$	λ_c	2,00	2,311	2,611	2,873	3,100	3,320	3,540	3,740
	t_c	1270	1110	1000	920	860	805	760	720

[1]) Z. Bd. 60 (1916) S. 104.
[2]) λ Luftüberschuß bezogen auf den Brennstoff
λ_c „ „ „ „ festen Kohlenstoff
t_c Temperatur in der Koksschicht.

Temperatur und Windgeschwindigkeit (w, p), der Luftüberschuß $\left(\frac{1}{O_2}\right)$ und die Kohlenoberfläche, d. h. die Körnung. Nimmt man die unbestimmbaren Werte für die gleiche Kohlensorte und die gleiche Feuerung als gleichbleibend an, faßt sie mit der Zahl 0,1736 in eine Konstante zusammen und löst die Gleichung nach der Brennzeit Z auf, so ist

$$Z = c \frac{K}{F\, O_2},$$

d. h. die Brennzeit wächst mit dem Verhältnis Gewicht zu Oberfläche der Kohle und mit dem Luftüberschuß in geradem Verhältnis.

Bei Versuchen in jüngster Zeit mit Braunkohlenbriketts fand Rosin die im Aufbau ganz ähnliche Formel für die Brennzeit:

$$Z = \frac{1000}{\left(\frac{F}{G}\right)^{1,8}}$$

(worin F wieder die Oberfläche, G das Gewicht des Kohlenteilchens bedeutet), die jedoch im Exponenten nicht mit Nusselt übereinstimmt. Zweifellos wird auch die Konstante und vielleicht auch der Exponent für die verschiedenen Kohlensorten verschieden sein. Durch weitere Versuche wären also die beiden Formeln auf ihre Richtigkeit zu prüfen und die verschiedenen Werte der Konstanten und Exponenten für die einzelnen Kohlensorten zu bestimmen. Wahrscheinlich werden die Formeln auch nur für Würfel und Kugeln volle Gültigkeit haben, während bei regelloser Form eine mehr oder weniger große Abweichung eintritt. Jedenfalls steht fest, daß das Verhältnis Gewicht zu Oberfläche des Kohlenteilchens für die Brenngeschwindigkeit von der größten Bedeutung ist und daß also die Verbrennung des Koksrückstandes im wesentlichen eine Oberflächenreaktion ist. Feinkörnige Brennstoffe verbrennen daher mit bedeutend größerer Geschwindigkeit als grobkörnige, wenn nur die notwendige Luft zur Verfügung steht. Außerdem spielt noch eine große Rolle die Oberflächenbeschaffenheit der Kohle, die bekanntlich beim Koks am größten ist, wodurch die große Aktivität des Kokses und insbesondere des Halbkokses sich wenigstens zum Teil erklärt. Der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit macht die schwere Zündung und geringe Brenngeschwindigkeit der Anthrazit- und Magerkohle erklärlich. Beide Kohlenarten haben an sich schon eine glatte Oberfläche. Aber während diese bei den gashaltigen Brennstoffen durch die Entgasung aufgerauht, bei der Fettkohle außerdem noch aufgebläht wird, tritt diese Erscheinung bei den mageren Kohlensorten wegen des geringen Gasgehalts nur in bescheidenem Maß ein. Am stärksten wird also der Einfluß der rauhen Oberfläche bei der Fettkohle und deren Koks, am schwächsten beim Anthrazit. Bei den im Feuer zerfallenden Kohlen, wie der Braunkohle, wird die günstige Wirkung der Entgasung auf die Oberfläche durch die dichte Lagerung beim Zerfall zum Teil wieder aufgehoben. Sehr wesentlich ist ferner der Einfluß des Aschengehaltes auf die Brenngeschwindigkeit, weil er die wirksame Oberfläche verringert. Rosin fand beispielsweise, daß bei einem Aschengehalt von 50 vH die Brennzeit um 50 vH vergrößert wurde.

Rostleistung.

Nach dem Gesagten ist es nicht zutreffend, die stündliche Leistung einer Feuerung nach dem verbrannten Kohlengewicht auf 1 m² Rostfläche zu beurteilen. Besser ist es schon, die Brenngeschwindigkeit in kcal für 1 m² Rostfläche auszudrücken, weil hierbei der Wärmewert des Brennstoffes Berücksichtigung findet (s. Zahlentafel 4). Noch besser wäre es aber, die stündliche Brenngeschwindigkeit in kcal/m² Rostfläche nur für den Koksrückstand anzugeben. Ein Blick auf Zahlentafel 4 zeigt jedoch, daß die stündlichen Rostleistungen in kcal/m² trotz der großen Verschiedenartigkeit der Brennstoffe

Zahlentafel 4. Mittlere Rostbelastungen für verschiedene Brennstoffe.

Brennstoff	Heizwert kcal/kg	Schütthöhen mm	Rostbelastung kg/m²h	Rostbelastung 1000 kcal/m²h
Anthrazit	7800	70 bis 80	60 bis 70	470 bis 550
Koks	7000	130 „ 300	75 „ 80	530 „ 560
Koksgrus	6000	150 „ 300	140 „ 150	850 „ 900
Gasarme Steinkohle	6800	90 „ 130	70 „ 110	500 „ 750
Gasreiche Steinkohle	7600	90 „ 130	90 „ 120	700 „ 900
Braunkohlenbriketts	4800	—	120 „ 180	580 „ 870
Böhm. Braunkohle	4800	130 „ 200	120 „ 180	580 „ 870
Deutsche „	2400	200 „ 300	170 „ 380	400 „ 900
Torf (gepreßt)	3800	—	160 „ 180	600 „ 700
Lohe „	1300	120 „ 180	160 „ 280	200 „ 370

keine gleich großen Unterschiede aufweisen. Die größte und kleinste Leistung (hochwertige Steinkohle und feinkörnige Braunkohle) verhalten sich ungefähr wie 2 : 1, während die Heizwerte dieser beiden Brennstoffe sich etwa wie 4 : 1 verhalten. Trägt man jedoch die stündliche Rostbelastung in kcal/m² nur für den Koksrückstand auf, so ergibt sich überraschenderweise eine gerade, fast wagerechte Linie für sämtliche Brennstoffe, Abb. 8. Die Streuung der Versuchspunkte ist hierbei allerdings sehr stark, was ein Beweis dafür ist, daß andre Umstände, wie oben erläutert, von größerem Einfluß auf die Rostleitung sind als die Kohlenbeschaffenheit. Gestalt und Lage der Linie zeigen vielmehr, daß die Rostbelastung für die Koksrückstände von der Art der Kohle fast unabhängig ist. Nun ist aber die wirksame Rostfläche bei mageren Kohlen erheblich größer als bei gashaltigen und feuchten, bei denen ein erheblicher Teil der Rostfläche der Trocknung und Entgasung dient. Daraus geht hervor, daß bei gasarmen Brennstoffen erheblich geringere Mengen durchgesetzt werden, wahrscheinlich weil die Entgasung, Zündung und Verbrennung der Magerkohle langsamer erfolgt. Auch eine bereits von Aufhäuser geäußerte Ansicht betont, daß die Kohle die flüchtigen Bestandteile um so zäher festhält, je weniger davon vorhanden sind.

Bei der Magerkohle setzt daher die Zündung des festen Kohlenstoffes annähernd gleichzeitig mit dem Beginn der Entgasung ein. Der Luftbedarf der flüchtigen Bestandteile spielt gegenüber dem des festen Kohlenstoffes nur eine geringe Rolle. Die flüchtigen Bestandteile erhalten die Verbrennungsluft aber bereits sehr stark mit Stickstoff und Kohlensäure angereichert und sehr sauerstoffarm, da-

Abb. 10. Deutsche Wanderrostfeuerung.

Abb. 11. Plutorost für Steilrohrkessel.

gegen auf etwa 700 bis 1000° vorgewärmt. Bei Wanderrosten ohne Stufeneinteilung für den Unterwind ist die Luftzufuhr über die Gesamtlänge des Rohres gleichmäßig verteilt. Es herrscht in den ersten Abschnitten, bezogen auf die dort vorhandene Kohle, überall Luftmangel. In Wirklichkeit wird nicht alle Luft zur Verbrennung ausgenutzt, da die Schicht nicht voll an der Verbrennung teilnimmt und zu niedrig ist, um jedes Luftteilchen mit Kohlenstoff in Berührung zu bringen. Die Entgasung dürfte bei etwa 40 vH der Rostlänge beendet sein. Bei der Gaskohle verläuft die Verbrennung auf dem Wanderrost anders. Die Entgasung setzt fürhzeitig ein und erfolgt unter dem Einfluß der von der Flamme oder vom Zündgewölbe zurückgestrahlten Wärme stürmisch, ohne daß der feste Kohlenstoff sich zunächst an der Verbrennung beteiligt. Nach etwa 20 vH der Rostlänge ist der größere Teil der Gase entwichen und verbrannt, und erst dann setzt die Verbrennung des festen Kohlenstoffes stärker ein. Bei der Verbrennung von Rohbraunkohle auf dem Treppenrost spielt die Verdampfung des im Brennstoff enthaltenen Wassers, bei der mitteldeutschen Braunkohle etwa 50 vH, bei der rheinischen etwa 60 vH des Brennstoffgewichtes, eine große Rolle. Sie nimmt etwa 20 vH der Rostfläche (Vortrocknungsrost) in Anspruch. Danach ist der Verlauf ähnlich wie bei der Gaskohle, d. h. der Brennstoff entgast zunächst fast vollständig, ehe der Koksrückstand anfängt zu brennen. Die Koksmenge ist im Vergleich zum ursprünglichen Brennstoffgewicht sehr gering (rd. 15 bis 20 vH). Bei den Magerkohlen ist also ein geringer Teil der Rostfläche für das Austreiben der flüchtigen Bestandteile erforderlich, bei den Gaskohlen bereits etwa 40 vH, bei den Gasflammkohlen etwa 50 vH und bei den Braunkohlen bis zu 80 vH der Rostfläche.

Zündgewölbe.

Die Form und Größe der Zünd- und Schlackengewölbe sind abhängig von

1. der Gasmenge,
2. der Dauer der Trocknung und Entgasung,
3. der Zündgeschwindigkeit des Brennstoffes,
4. der Verbrennungstemperatur des Brennstoffes,
5. dem Aschengehalt des Brennstoffes,
6. der Rücksicht auf die Strahlung,
7. der Rücksicht auf die Mischung mit der Luft und
8. der Rücksicht auf den Flammendurchgang.

Bei großem Gehalt des Brennstoffes an flüchtigen Bestandteilen muß der Abstand des Zündgewölbes vom Rost größer sein als bei geringem Gehalt. Bei großer Gasmenge muß außerdem dafür gesorgt werden, daß die Gase schnell und ungehindert an die Heizfläche gelangen können. Man muß daher den Zündgewölben Steigung zur Heizfläche hin geben und den Flammendurchgang nach hinten hin möglichst groß machen. Bei gasarmen Brennstoffen, die außerdem noch durch Wasser und Schlacke stark verunreinigt sind, braucht man dagegen hierauf keine besondere Rücksicht zu nehmen, kann vielmehr die Gewölbeform mehr den Bedürfnissen einer besseren Zündung anpassen.

In der Vorkriegszeit, als die Wanderroste nur mit hochwertigen Brennstoffen betrieben wurden, genügte eine noch so schlechte Gewölbeform, um eine sichere Zündung herbeizuführen. Noch während des Krieges hat Loschge die angenäherte Parabelform als günstigste Gewölbeform angegeben, die alsdann fast allgemein eingeführt worden ist. Für sehr gasarme und magere Brennstoffe genügt dagegen auch diese Form nicht, vielmehr muß zur Sicherung der Zündung auch noch das Gewölbe mit rückkehrender Neigung versehen werden; hierdurch entsteht unter dem Zündgewölbe Stauhitze, welche die Zündung begünstigt, auf die Haltbarkeit der Steine allerdings un-

Abb. 12. Plutorost für Schrägrohrkessel.

Abb. 13. Amerikanischer Wanderrost mit Unterwind.

Abb. 14. Einheitskessel für das Crawford Avenue-Kraftwerk.

günstig einwirkt. Durch die Querschnittverengung wird aber die Gasgeschwindigkeit an dieser Stelle erhöht und eine bessere Mischung der Gase mit der Verbrennungsluft herbeigeführt, was auf die Verbrennung günstig einwirkt. Die Länge der Zündgewölbe ist ebenfalls abhängig von der Magerkeit und Minderwertigkeit des Brennstoffes und schwankt zwischen etwa 45 und 55 vH der nutzbaren Rostlänge. Noch längere Gewölbe haben sich auch bei minderwertigen Brennstoffen nicht bewährt, führen vielmehr zu schleppender Verbrennung und bewirken daher Nachverbrennungserscheinungen in den Kesselzügen.

Abb. 10 zeigt einen deutschen Wanderrost neuester Bauart. Das Zündgewölbe hat angenäherte Parabelform (Loschge), seine Länge ist ungefähr 70 vH der nutzbaren Rostlänge, also zu groß, der Abstand des Rostes von der Heizfläche 2,9 m, daher für Eß- oder Fettkohle geeignet. Die weite Öffnung des Feuerraumes nach der Heizfläche begünstigt die Abstrahlung.

Abb. 11 zeigt eine deutsche Stokerfeuerung für einen Steilrohrkessel. An den schwach geneigten Stokerrost schließt sich ein fast wagerechter Schlackenrost an. Die Zündung erfolgt teils durch Aufbringen des frischen Brennstoffes über die brennende Kohle, also durch Grundfeuerzündung. Der Flammendurchgang ist sehr weit gehalten. Der Abstand von der Heizfläche ist rd. 3,8 m, also für Gaskohlen geeignet. Zum besseren Ausbrand der Schlacke ist der Schlackenrost durch ein Schlackengewölbe geschützt. Die Form des Feuerraumes ermöglicht beste Ausnutzung der Strahlung.

Abb. 12 zeigt einen deutschen Stokerrost für Schrägrohrkessel und minderwertige Brennstoffe. Die Gesamtlänge des Rostes ist in drei Teile geteilt, einen Vorrost mit starker Neigung (19°), einen Mittelrost mit schwacher Neigung (16°) und einen wagerechten Schlackenrost. Die starke Neigung des Vorrostes bewirkt große Schichthöhe auf dem Mittelrost; das Zündgewölbe ist wieder sehr kurz gehalten, fast die ganze letzte Hälfte des Rostes ist zum besseren Ausbrand der Rückstände durch ein Schlackengewölbe geschützt. Der Abstand von der Heizfläche beträgt rd. 3 m (für Fettkohle).

Abb. 13 zeigt einen amerikanischen Wanderrost mit Unterwindfeuerung[1]). Das Zündgewölbe hat noch nicht die in Deutschland übliche angenäherte Parabelform, ist vielmehr ganz flach gehalten, es liegt sehr hoch über dem Feuerraum (etwa 1,25 m). Die Länge ist 45 vH der nutzbaren Rostlänge, der Abstand der Heizfläche vom Rost rd. 4,5 m. Auch hier ist der letzte Teil des Rostes durch ein Schlackengewölbe geschützt. Die weite Öffnung des Feuerraumes nach der Heizfläche ermöglicht beste Ausnutzung der Strahlung.

Abb. 14 zeigt einen amerikanischen Einheitskessel für das Crawford Avenue-Kraftwerk mit Wanderrostbetrieb[2]). Auch hier liegt das Zündgewölbe sehr hoch (rd. 1,3 m) über dem Rost. Die Länge des Zündgewölbes beträgt rd. 50 vH der nutzbaren Rostlänge. Der Abstand der Heizfläche vom Rost ist rd. 5,5 m. Das Schlackengewölbe fehlt.

Abb. 15 zeigt eine amerikanische Stokerfeuerung für einen Stirlingkessel[3]). Hier ist das Zündgewölbe ganz in Fortfall gekommen. Der niedrigste Abstand der Heizfläche vom Rost beträgt 3,6 m, der mittlere etwa 4,8 m.

Die Stoker haben besonders in Amerika eine weite Verbreitung gefunden und sollen sich für Kohle mit wenig und schwerschmelzender Schlacke mit mittlerem und hohem Gasgehalt und wenig Feuchtigkeit eignen, wobei allerdings die Braunkohle mit ihrer hohen Feuchtigkeit eine Ausnahme bildet. Die kleine freie Rostfläche und der Betrieb mit Unterwind ermöglichen innerhalb eines großen Belastungsbereiches hohe Kohlensäuregehalte und gute Wirkungsgrade. Die Roste sind schnell f o r z i e r b a r und werden daher in Amerika mit Vorliebe für Spitzenkraftwerke verwandt.

Abb. 16 zeigt eine selbsttätige Treppenrostfeuerung für Braunkohle mit scharfer Trennung in drei Zonen, nämlich die Vortrocknung, die Entgasung und die Verbrennung. Die Zündung erfolgt teils von oben durch das Zündgewölbe, teils von unten durch das auf den Roststäben emporkriechende Grundfeuer. Der Abstand der Heizfläche vom Rost beträgt etwa 4 m.

Eine besondere Rostbauart, die sich in neuerer Zeit für die Verfeuerung minderwertiger Brennstoffe eingeführt

[1]) „Power" Bd. 60 (1924) S. 1064.

[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1309. [3]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1312.

Abb. 15. Stirlingkessel mit Unterwind-Treppenrost, Überhitzer, Speisewasser- und Luftvorwärmer.

hat, ist der Vesuvio-Kaskadenrost, Abb. 17. Durch die eigenartige Schürbewegung und die Mischung des frisch zugeführten Brennstoffes mit dem bereits glühenden soll das Zusammenbacken der Schlacke zu großen Kuchen verhindert werden. Die Rostleistungen betragen etwa 800 kg/m² h. Als stündliche Feuerraumbelastung werden 600 000 bis 1 000 000 kcal/m³ genannt; diese beziehen sich allerdings nicht nur auf die flüchtigen Bestandteile, sondern auf den Gesamtbrennstoff.

Ein Vergleich der in Abb. 10 bis 16 gebrachten Feuerräume deutscher und amerikanischer Kesselanlagen läßt den großen Unterschied im Abstand von der Rostfläche bis zur Heizfläche erkennen. Man geht bei der Vergrößerung der Feuerräume in Deutschland nur sehr zögernd vor, weil sichere Grundlagen für die Bemessung solcher Räume bisher noch fehlen. Diese Grundlagen können natürlich nur durch Versuche geschaffen werden, denn der Feuervorgang läßt sich rechnungsmäßig nicht voll erfassen, weil die Grundlagen für die Berechnung in der Praxis zu verschieden sind.

Um die Feuerungstechnik in der nächsten Zukunft weiter zu fördern und sichere Grundlagen für die Berechnung der Zündgewölbe, der Größe der Feuerräume und Roste, ferner Richtlinien für die Form der Zündgewölbe und Feuerräume zu schaffen, müßten Forschung und Betrieb, Wärmestellen und Dampfkessel-Überwachungs-Vereine gemeinsam darauf hinarbeiten, die noch ungeklärten Verhältnisse bei den Verbrennungsvorgängen aufzuklären. Durch Laboratorium- und durch Betriebsversuche wären festzustellen: die Zündpunkte des Gases bei verschiedener Zusammensetzung der Brennstoffe verschiedenen Ursprungs und Gasgehalts sowie der Koksrückstände verschiedener Herkunft, der Verlauf der Entgasung, ob wärmebindend oder wärmeerzeugend, der Einfluß der Körnung und der Oberflächenbeschaffenheit der Kohlenteilchen verschiedener Kohlenarten auf die Brennzeit, der Einfluß des Aschengehalts, der Form und Größe des Zündgewölbes, der Oberluftzuführung, der Luftvorwärmung auf die Brenngeschwindigkeit, die Höhe der Gasstrahlung bei Kohlensäure und Wasserdampf, die stündliche Leistungsfähigkeit der Feuerräume, bezogen auf 1 m³, und ihre Steigerung, die stündliche Leistungsfähigkeit der Roste in kcal/m² und ihre Steigerung.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Dipl.-Ing. Schultes für seine Mitarbeit bei der Vorbereitung dieses Vortrages auch an dieser Stelle zu danken. [B 524]

Abb. 16. Selbsttätige Braunkohlen-Treppenrostfeuerung.

Abb. 17. Vesuvio-Rost.

RUNDSCHAU.

Aus dem Ausland.

Forschungswesen.

Technisch-Wissenschaftliche Forschung in England.

Aus dem Jahresbericht 1924 des National Physical Laboratory in London sind im folgenden eine Reihe durchgeführter oder für 1925/26 geplanter Forschungsarbeiten vermerkt, die das Arbeitsgebiet des Vereines deutscher Ingenieure berühren und allgemeine Beachtung verdienen.

I. Durchgeführte Arbeiten.

Wärmeforschung. Dem Verhalten der Baustoffe bei höheren Temperaturen wurde große Aufmerksamkeit gewidmet, wie die Bestimmung der Wärmeleitung von Metallen bei Temperaturen bis zu 700 °C und die Ermittlung der latenten sowie der spezifischen Wärme und des Ausdehnungskoeffizienten von Metallen und Legierungen bei hohen Temperaturen zeigen. Die Bestimmung von spezifischer und latenter Wärme gebräuchlicher Nichteisenmetalle soll auf Messungen bis zu 1000 °C ausgedehnt werden. Für niedrigere Temperaturen war es möglich, diese Werte durch Messung der Gesamtwärme zu erhalten, indem die spezifische Wärme aus dem Abfall der Kurve für die Gesamtwärme und die latente Wärme aus der Unstetigkeit dieser Kurve im Schmelzpunkt abgeleitet werden konnten. Bei der Bestimmung der Gesamtwärme im „Mischverfahren" wurde die Hauptfehlerquelle in den Wärmeverlusten beim Einbringen des heißen Metalles ins Kalorimeter erkannt. Ein neuartiges Kalorimeter vermeidet die Verluste. Es besteht aus einem schweren, 30 l Wasser fassenden Kupfergefäß mit einem schiebbaren Deckel. Der Schmelztiegel wird schnell in einen im Kalorimeterwasser schwimmenden Behälter aus Leichtmetall entleert und der Deckel geschlossen. Nach kurzem Warten wird das Schwimmgefäß unter Wasser gedrückt; wegen des vollständigen Verschlusses des Kalorimeters während dieser Zeit entsteht praktisch kein Wärmeverlust.

Ein umfangreiches Versuchsprogramm zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Baustoffen bei hohen Temperaturen konnte im Berichtsjahre nur zum Teil durchgeführt werden. Die Versuche erstreckten sich auf Eisen von verschiedenem Kohlenstoffgehalt. Dabei waren zahlreiche Schwierigkeiten zu überwinden, namentlich die genaue Messung der Temperatur erforderte besondere Aufmerksamkeit.

Des weiteren wurden Versuche über Wärmeleitung zwischen festen Körpern und bewegten Flüssigkeiten und ihre Beziehung zur Oberflächenreibung in Angriff genommen, ferner Versuche mit Ketten und Haken von Hebezeugen zur Bestimmung der vorteilhaftesten Wärmebehandlung, der diese Teile von Zeit zu Zeit in der Praxis unterworfen werden sollen.

Schallforschung. Trotz mancherlei Schwierigkeiten machten die Arbeiten über Schallforschung im Berichtsjahre gute Fortschritte. Besonders schwierig war es, geeignete Versuchsbedingungen innerhalb der Versuchsräume zu erhalten. Verschiedene Baustoffe wurden hinsichtlich Reflexion und Dämpfung des Schalles untersucht. Die Versuchsgeräte bestanden aus elektrischen Lautsprechern, Resonatoren und Telephonen. Es gelang, die Technik des Photographierens von Schallwellen mittels elektrischer Funken erfolgreich durchzubilden. Zur Messung des Schalles an jeder Stelle in vorhandenen Bauwerken wurden mehrere Typen von „Sonometern" entwickelt.

Maschinenbau. Auf dem Gebiete des Maschinenbaues bestand die Aufgabe, durch umfangreiche Versuche mit Zahnrädern die Wirkung kleiner Ausführungsfehler der Zähne auf die Güte und Brauchbarkeit der Getriebe festzustellen. Als Vorbedingung solcher Versuche hat das Laboratorium ausreichende Einrichtungen zum genauen Messen der Zähne und Zahnräder geschaffen, die durch Aufträge aus der Industrie in steigendem Maße benutzt werden.

Messungen von Lehren nach dem Projektionsverfahren kamen insbesondere bei kleinen Schrauben, bei denen eine starke Vergrößerung (bis 200fach) nötig ist, zur Anwendung. Härteprüfungen von Werkstoffen nach Brinell (statisch) wurden bis zu 400 °C, nach dem Schlaghärteprüfverfahren (dynamisch) bis zu 700 °C durchgeführt. Das verhältnismäßige Wachsen oder Abnehmen der Härte bei den verschiedenen Temperaturen ist bei beiden Verfahren keineswegs gleich.

Das „Nacheilen" der Formänderungen hinter den Belastungen beim Flußeisen war Gegenstand eingehender Untersuchungen. Die Nacheilfestigkeit, d. h. die Belastung auf die Einheit der ursprünglichen Fläche, die gerade noch nicht zum Bruch des Stabes führt, wenn sie sehr lange Zeit wirkt, liegt bei gewöhnlicher Temperatur sehr nahe bei der Bruchfestigkeit. Diese Festigkeit fällt aber bei wachsender Temperatur schnell unter die normale Festigkeit, so daß sie bei 350 °C nur etwa 50 vH der üblichen Bruchfestigkeit beträgt. Die Form der Kurve für die Nacheilfestigkeit bei verschiedenen Temperaturen wurde sehr genau bestimmt. Wie nach vorhergegangenen Überlegungen zu erwarten war, hat die Ermüdungsfestigkeit bei Wechselbelastung keine bestimmte Beziehung zur Nacheilfestigkeit. Der Versuch zeigt deutlich die Bedeutung der Zeit bei ungewöhnlichen Temperaturen. Es ist anzunehmen, daß sich bei verschiedenen Baustoffen mit wachsender Ermüdungsfestigkeit ihre Werte denen der Nacheilfestigkeit nähern und schließlich damit zusammenfallen.

Die bereits abgeschlossenen Versuche mit Schneidwerkzeugen zeigen, daß die mikroskopische Untersuchung für die Erkenntnis des Fließens und Brechens von Metallen unter der Einwirkung des Schneidwerkzeuges sehr fruchtbar ist. Man hat den Schluß gezogen, daß unter den einfachsten Schneidbedingungen drei verschiedene Arten Späne gebildet werden können, entsprechend dem Verhältnis des Schnittwinkels am Werkzeug zur Schnittiefe und den physikalischen Eigenschaften des Werkstoffes, der bearbeitet wird.

Hydraulik. Die Versuche über Strömungs- und Reibungsverhältnisse von Flüssigkeiten wurden fortgesetzt. Bei Ozeanfahrten mehrerer Schiffe wurde im Winter der Einfluß des Wetters auf die Geschwindigkeit, das Rollen und Stampfen des Schiffes sowie auf den Antrieb der Schrauben im einzelnen untersucht. Die Versuche gingen auch dahin, die Windgeschwindigkeit in Beziehung zur Länge und Höhe der erzeugten Wellen zu bringen, den Anteil von Schiffsform, Schraube, Ruder und Wind am Gesamtwiderstand des Schiffes zu bestimmen und den Einfluß der Schraubendrehzahlen auf die Schwingungen des Schiffes zu ermitteln. Den Einfluß des Stampfens auf Schraubendrehzahl und -druck ließ ein zu diesem Zwecke gebautes Gerät erkennen.

Meßkunde. Zur Messung des Kohlensäuregehaltes diente ein bemerkenswert einfaches Gerät. Es hat nur den einen Nachteil, daß es ungefähr fünfzehn Minuten dauert, bis der Gleichgewichtzustand hergestellt ist. Durch Verwendung von Quecksilber und teilweise Drehung des Gefäßes konnte die Meßdauer verkürzt werden.

II. Versuchsplan für 1925/26.

Bestimmung der spezifischen und der latenten Wärme von Metallen in handelsüblicher Reinheit unter besonderer Berücksichtigung der Messungen der spezifischen Wärme flüssiger Metalle. Man will die spezifische Wärme von Metallen, feuerfesten Stoffen und Gasen bei hohen Temperaturen untersuchen. Ferner soll die Beziehung zwischen der Wärmeleitfähigkeit und der elektrischen Leitfähigkeit von Metallen und Legierungen, soweit sie für industrielle Zwecke wachsende Bedeutung erlangen, bis zu hohen Temperaturen ermittelt werden. Die Frage des Wärmeverlustes von Rohrleitungen bis zu Temperaturen von etwa 400 bis 500 °C ist nach Ansicht des Laboratoriums gegenwärtig noch nicht genügend geklärt. Man will daher weitere Arbeiten hierüber im Anschluß an frühere Untersuchungen vornehmen, jedoch mit Rohren kleineren Durchmessers aber beträchtlich größerer Länge als früher.

Die Verfahren zur Schallmessung, insbesondere zur Messung der Frequenz, Intensität und Tonhöhe sollen nachgeprüft und weiter Schalldurchgang, Dämpfung und Reflexion in Metallen gemessen werden. Die akustischen Verhältnisse geplanter sowie bereits ausgeführter Bauten sollen näher untersucht werden.

Die Abteilung für Werkstoffkunde will die Beziehungen zwischen Kugel- und Kegelhärte auf härtere Werkstoffe als bisher ausdehnen und dazu Diamant- oder Saphirwerkzeuge benutzen. Eine ausgedehnte Versuchsreihe an der neuen Prüfmaschine für Drehermüdungsfestigkeit vervollständigt den Versuchsplan. In Ergänzung früherer Arbeiten über die Ermüdung von Metallen soll die bei plastischer Formänderung entwickelte Wärme an einzelnen Probestäben und beim Ausziehen zu Drähten festgestellt werden.

Die Arbeiten über Rißbildung in Kesselblechen verlangen naturgemäß beträchtliche Zeit, da die Beobachtungen der Proben nur in mehrmonatigen Zwischenräumen erfolgen. Es ist beabsichtigt, die Probebleche bei verschiedenen Temperaturen und in Berührung mit verschiedenen Flüssigkeiten bestimmten Belastungen auszusetzen.

Die Versuche über das Fließen und Brechen der Metalle unter der Einwirkung von Schneidwerkzeugen sollen fortgesetzt werden.

Für den Meßtechniker ist wichtig, daß man ein neues Meßgerät für große Schraubenspindeln baut, um z. B. die Leitspindeln für Drehbänke beliebiger Länge nachmessen zu können. Auch die Geräte zur Messung von Zahnrädern sollen noch weiter verbessert werden, wobei man auch die Zahnräder für Uhren in den Bereich der Untersuchungen ziehen will.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß die vorgenannten Versuche im Rahmen der Arbeiten des Laboratoriums nur einen verhältnismäßig gringen Teil bilden.

[N 675] Dr.-Ing. Adrian.

Dampfkessel.

Wasserkühlung für die Wände von Dampfkesselfeuerungen.

In Amerika stattet man bekanntlich seit mehreren Jahren die Dampfkesselfeuerungen mit ungewöhnlich großen Verbrennungsräumen aus, um mit Sicherheit zu erreichen, daß die Rauchgase innerhalb der Feuerung, also noch vor dem Auftreffen des Rauchgasstromes auf die Kesselrohre, ausbrennen. Ausgehend von den günstigen Erfahrungen mit den verhältnismäßig großen Feuerräumen der Steilrohrkessel, strebt man auch bei uns seit längerer Zeit an, die Verbrennungsräume zu erhöhen, obgleich man bei Rostfeuerungen bislang versucht, durch Einschnüren und durch Mischen des Rauchgasstromes mit geringerer Feuerraumhöhe auszukommen. Bei den Kohlenstaubfeuerungen dagegen ist man in Deutschland zunächst bis auf eine Ausnahme (Staubfeuerung der Gewerkschaft Orange) dem amerikanischen Vorgehen gefolgt und wendet sehr große Feuerräume an, durch die die Feuergase fast ohne Führung strömen können.

Die Erfahrungen mit ausgedehnten Feuerraumwänden, die bei großen Verbrennungsräumen notwendig sind, haben neuerdings dazu geführt, diese Wände auf der hochbeanspruchten Innenseite mit einem Schutz von wassergekühlten Rohren zu versehen[1]). Nach einer Konstruktion dieser Art von Murray hat man z. B. einen Babcock & Wilcox-Kessel im Hell Gate-Kraftwerk zu New York ausgerüstet[2]), der bei 1480 m² Heizfläche eine Höhe von rd. 18 m, vom Bedienungsflur ab gemessen, aufweist. Der Kessel arbeitet mit einer Taylor-Unterschubfeuerung der Einenderbauart von 14 Retorten und 35 m² Rostfläche. Die Seitenwände des Feuerraumes sind vollständig mit Wasserrohren bedeckt, Abb. 1, die bei rd. 102 mm Außendurchmesser rd. 6,5 mm Wanddicke haben. An jedem Rohr sind zu beiden Seiten Bleche angeschweißt, die in Verbindung mit den Rohren die Seitenmauer vollständig bedecken und schützen. Diese Ausrüstung der Rohre mit Seitenblechen soll sich im Hell Gate-Kraftwerk in achtmonatigem Betrieb so gut bewährt haben, daß die Schutzwände nach Ablauf dieser Zeit noch so gut wie neu aussahen.

Abb. 1. Seitenwand des Feuerraumes eines Babcock & Wilcox-Kessels mit Murray-Wandrohrkühlern im Hell Gate-Kraftwerk zu New York.

Die Murray-Schutzrohre sind in ähnlicher Weise wie die Rohre des Granulierrostes bei Kohlenstaubfeuerungen mit dem Kesselkörper verbunden. Ihre unteren Verbindungsstücke sind an die tiefer liegenden Sektionen des Kessels angeschlossen. Die oberen Verbindungsstücke liefern das hochsteigende Wasser mit dem erzeugten Dampf an den Dampfsammler in geringer Höhe über dem Wasserspiegel ab.

Die Anwendung der Murray-Schutzrohre soll ermöglichen, die Abmessungen des Mauerwerks gegenüber den sonst üblichen weitgehend zu verringern. Zwischen den Schutzrohren und der äußeren Blechwand des Kesselmauerwerks hat man nur eine 63,5 mm dicke Isolierschicht eingefügt, da jetzt die Innenwand des Mauerwerks nur rd. 200 °C erreicht, während ihre Temperatur bei Feuermauern ohne Rohrschutz auf rd. 1500 ° steigt. Dabei bieten die Murray-Rohre noch den Vorteil, daß sie merkbar Wärme, besonders durch Strahlung, aufnehmen und so die Wirkung der Kesselheizfläche unterstützen. Vergleichsversuche im Hell Gate-Werk sollen ergeben haben, daß der mit Rohrschutz versehene Kessel bei 63 000 kg/h Dampferzeugung eine um rd. 66° C niedrigere Abgastemperatur hinter dem Kessel hatte als ein Kessel des gleichen Systems von 1720 m² bei gleicher Dampfbelastung. Man schätzt auf Grund dieser Versuche, daß die Murray-Rohre etwa 300 bis 400 kg/m²h, bezogen auf die von der Feuerung bestrahlte Rohroberfläche, verdampfen, was theoretisch wohl möglich ist.

Zahlentafel 1 enthält Versuchswerte des erwähnten Kessels mit Murray-Schutz, die man als außerordentlich günstig bezeichnen

[1]) Vergl. Engineering Bd. 109 (1925) S. 71. [2]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 808. Arch. f. Wärmewirtschaft Bd. 6 (1925) S. 139, Abb. 5.

Abb. 2. Wirkungsgrad eines Dampfkessels im Hell Gate-Kraftwerk, N. Y., mit Murray-Schutzrohren.

Zahlentafel 1. Versuchsergebnisse eines Kessels mit Murray-Wandkühlrohren.
Kesselheizfläche 1480 m², Überhitzerheizfläche 692 m²
Rostfläche 35,0 m², $\frac{R}{H} = \frac{1}{42,5}$

	1	2	3	4	5
Unt. Heizwert der Kohle kcal/kg	7630	7520	7410	—	—
Rostbelastung . . kg/m²h	99	139	215	—	—
Auf 1 m² Rostfl. erzeugte Wärmemenge . kcal/h	755 000	1 090 000	1 591 000	—	—
Verdampfte Speisewassermenge . . . . . . t/h	39,5	52,8	74,8	104,8	119,8
Heizflächenbeanspruchung kg/m²h	26,7	35,7	50,6	70,8	81,0
Bruttoverdampfungsziffer .	11,41	10,83	9,94	—	—
Temp. d. Speisewassers: a) Eintritt i. d. Vorwärmer °C	92	92	92	92,2	74,0
b) Eintritt i. d. Kessel „	140	140	142	143	130
Dampfdruck i. Überhitzer at abs	18,6	18,5	18,5	18,5	17,2
Dampftemp. hinter Überhitzer . . . . °C	286	291	300	302	295
Temp. der Heizgase am Kesselende . . . . . °C	235	263	296	320	349
Temp. der Heizgase Ende Vorwärmer . . . . . °C	110	138	148	167	170
Rauchgasanalyse: CO_2 vH	10,91	11,62	13,05	14,3	13,8
CO „	0,04	0,13	0,63	1,1	4,0
O_2 „	8,45	7,53	5,41	3,5	1,1
Wirkungsgr. bezog. auf unteren Heizwert: Kessel und Überhitz. vH	85,5	83,2	78,2	—	—
Wirkungsgr. bezog. auf unteren Heizwert: Gesamte Anlage „	92,3	90,2	85,1	—	—

muß. Recht hoch sind die mit der hochwertigen Steinkohle von $H_u = 7340$ kcal/kg erzielten Rostleistungen und dann auch die Heizflächenbeanspruchungen. Die Rostleistung konnte, wie der Bericht besagt, bei den Versuchen 4 und 5, wenn auch nur für kurze Zeit, bis auf 300 kg/m²h und darüber getrieben werden. Zu beachten ist freilich dabei, daß die Analysen der Abgase bei Überlastversuchen deutlich das Schlechterwerden der Verbrennung mit zunehmender Rostleistung erkennen lassen. Bei der Höchstlast, Versuch 5, wurden z. B. 4 vH CO gemessen.

Die Heizflächenleistung betrug im Normalfall etwa 50 kg/m²h bei 148 °C Abgastemperatur hinter dem Rauchgasvorwärmer (Ekonomiser), bei der Höchstlast bis zu rd. 80 kg/m²h. Nachrechnungen ergeben, daß etwa 10 vH dieser Dampferzeugung auf die Wirkung der Murray-Schutzrohre entfallen.

Abb. 2 zeigt die den vorstehenden Versuchswerten entsprechende Wirkungsgradkurve, die nicht nur wegen der Höhe der Wirkungsgrade, sondern auch wegen ihrer flachen, gestreckten Form als außerordentlich günstig bezeichnet werden muß. Diese Eigenschaft der Kurve ist sicherlich zum Teil auf die Wirkung der Murray-Schutzrohre zurückzuführen, deren Wärmeaufnahme mit Erhöhung der Kesselbeanspruchung sehr erheblich zunimmt, vergl. dazu die Betrachtungen Münzingers über den Strahlungsüberhitzers, Z. Bd. 69 (1925) S. 807. Es wäre zu wünschen, daß auch bei uns bald Versuche mit wassergekühlten Schutzwänden angestellt werden.

Bemerkenswert ist noch, daß der Rohrschutz nach neuen amerikanischen Berichten[3]) einen wenn auch nur geringen, ungünstigen Einfluß auf die Verbrennung ausübt. Man beobachtete, was verständlich ist, eine gewisse Verzögerung der Verbrennung, die durch die Abkühlung der Gase an den Schutzwänden hervorgerufen wird. Sicher ist, daß die Verbrennung der Rauchgase gestört wird, soweit sie auf die kalte Schutzwand auftreffen. Auch das Ausbrennen der an den gekühlten Wänden liegenden Kohlenschicht soll bei Rostfeuerungen unter der Wärmeaufnahme der Kühlfläche leiden. Um diesen Übelstand zu bekämpfen, hat man die Schutzwände durch Schamottesteine in der Nähe des Rostes gegen das Feuer abgedeckt. [M 610] A. Loschge.

Elektrotechnik.

Eine neuartige Gleichstrommaschine.

W. Brooks Sayers, London, hat eine Gleichstrommaschine entworfen; er glaubt, dieser Maschinengattung neue Wege gewiesen zu haben, die geeignet sind, sie in ihrer Entwicklung über die seit Jahren scheinbar erreichte Höchstgrenze hinauszuführen. Den Bau der Maschine hat die Speedwell Press Co., Letchworth, übernommen.

[3]) Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 6 (1925) S. 138.

Die wesentlichen Einzelheiten der neuen Maschine zeigen Abb. 3 und 4. Innerhalb des wie üblich außenliegend und feststehend angeordneten Hauptfeldes läuft ein nur an seinen beiden Enden von Armkreuzen getragener Wicklungszylinder. Die Armkreuze dieses Ankers sind auf die Welle aufgekeilt und mit der Wicklung durch seitliche Abschlußringe fest verbunden. In den so innerhalb des Ankers entstandenen Hohlraum ist mit Spiel gegen den Anker und auf dem Rollenlager *a* laufend ein zweites Magnetsystem eingebaut. Dieses wird beim Lauf der Maschine vom Hauptsystem festgehalten, steht also dauernd still, und der Kraftlinienfluß durchsetzt in seinem Verlauf jeweils zwei Lufträume.

Neben dieser Anordnung eines zweiten Magnetfeldes und eines zweiten Luftspaltes muß als Besonderheit der neuen Maschine — die ebensogut als Motor wie als Erzeuger verwendbar sein soll — der konstruktive Aufbau der schon erwähnten Ankerwicklung angesehen werden. Sie besteht aus gestanzten Kupferstücken ähnlicher Form, wie man sie zur Stirnverbindung bei Stabwicklungen von Drehstrommaschinen benutzt, d. h. an einem rechteckigen Stück Kupferblech ist das eine Ende unversehrt gelassen, um im vorliegenden Fall als Lamelle des Kollektors *b* zu dienen, während auf der übrigen Länge durch Herausschneiden eines Mittelstreifens zwei Finger gebildet sind, die, nach entgegengesetzten Seiten gebogen, hier im Zusammenschluß mit gleichgeformten Stücken die Wicklung bilden.

Aneinanderstoßende Fingerenden werden durch darübergebogene Blechstreifen zusammengeklammert und verlötet. Zum Halt am Ankerkörper sind die Fingerenden mit Schwalbenschwanzeinschnitten versehen; mit diesen Einschnitten greifen sie auch in die als Wicklungsanfang dienende Nut *c*. Längs der Zylindermantelfläche sind die Finger durch Band isoliert, die eine Gruppe von Fingern jedes Stanzstückes bildet den äußeren Umfang des Wicklungszylinders, die andre überkreuzt die Außenfinger am inneren Zylinderumfang. Entsprechend geformte Stanzstücke aus Eisen sind wechselweise zwischen die Kupferstücke gelegt. Durch diese dritte Besonderheit wird der Widerstand für den Kraftlinienfluß wesentlich herabgemindert; gleichzeitig wirken die Einlagen als Stromleiter.

Der dargestellte Motor ist für 28 kW bei 220 V und 900 Uml./min bestimmt; er wiegt 32 kg. Der Wirkungsgrad soll bei 3 PS 70 vH betragen, die Erregung fordert dabei 9 vH.

Die vorhandenen Angaben genügen nicht, um sich ein sicheres Urteil über die neue Maschinengattung bilden zu können. Auf alle Fälle scheint die Verdoppelung des Luftspaltes im Kraftlinienweg wenig erwünscht, und es ist recht sehr die Frage, ob der darin vor allem in mechanischer Beziehung liegende Nachteil durch den eigenartigen Aufbau des Ankers aufgewogen wird. Denn der Ankeraufbau macht mechanisch durchaus keinen vertrauenerweckenden Eindruck, zumal unumwunden erklärt wird, daß die Herstellung der Stanzstücke große Sorgfalt erheischt, da sie auf ihrem ganzen Verwendungsweg, einschließlich des Kollektors *b* und ihrer Befestigungsstellen *c*, auf schwierig gekrümmte Spiralkurven eingestellt werden müssen. Es hat unter diesen Umständen keinen Zweck, sich in ausführlichere Erörterungen über den Wert oder Unwert der Brooks Sayers-Maschine einzulassen, zumal sie in kleiner Größe im Handel erhältlich ist und somit mit geringen Kosten die beste und einzig zuverlässige Beurteilung gestattet: Die mechanische und elektrische Nachprüfung durch Versuch und Rechnung auf Grund von vollständigen Unterlagen. (Engineering Bd. 119 (1925) S. 68.)

[M 368] Okrassa.

RZ36821+2

Abb. 3 und 4. Neuartige Gleichstrommaschine von W. Brooks Sayers, London.

a Rollenlager *b* Kollektor *c* Nut, als Wicklungsanfang dienend

RZ1010Z1

Abb. 5. Neue Hängebrücke über den Hudson bei Anthony's Nose, N. Y., im Bau.

Bauingenieurwesen.

Neue Hängebrücke über den Hudson.

Abb. 5 zeigt die zurzeit im Bau befindliche Hängebrücke über den Hudson bei Anthony's Nose, etwa 64 km oberhalb von New York, nachdem die Untergurte der Versteifungsträger eingebaut sind. Die Brücke, eine Straßenbrücke, die die bisher größte Spannweite, nämlich 492,5 m von Mitte zu Mitte Turmpfeiler aufweist, wird nur durch die Philadelphia-Brücke an Spannweite übertroffen werden. Sie liegt an einer Stelle des Flusses, die wegen der Flußenge und der Uferfelsbildung für die Pfeilergründung und Kabelverankerung günstige natürliche Voraussetzungen bietet.

Die Fahrbahn hat in der Mitte einen Fahrweg von 11,6 m Breite für vier Reihen von Fahrzeugen und an jeder Seite einen Fußweg von 1,52 m Breite. Die Enden der Hängekabel sind in der gewöhnlichen Weise ausgeführt, die Hauptträger bestehen aus Siliziumstahl nach besonderen Bedingungen, das Material der Fahrbahn und der Türme aus Baustahl nach den geltenden Bedingungen.

Die Hauptkabel aus gezogenem Stahldraht haben 465 mm Dmr. und sind aus 7252 verzinkten Drähten von je 4,9 mm Dmr. für jedes Kabel hergestellt. Die Gesamtlänge an Draht beträgt rd. 11 500 km. Die Turmpfeiler sind 107 m hoch, ruhen auf Stahlgußlagerkörpern und auf Betonpfeilern von $6,1 \times 12,2$ m² Querschnitt.

Der Bau wurde im Frühjahr 1923 begonnen. Im Oktober 1923 wurde der Ostturm errichtet, beide Türme wurden im April 1924 fertiggestellt und im August 1924 das Hauptkabel vollendet. Während des Baues diente eine Fußgängerbrücke an Hilfskabeln für die Arbeitsausführung. Mit den Versteifungsträgern wurde Mitte September 1924 angefangen. Sie werden mittels fahrbarer Krane von beiden Pfeilern aus nach der Mitte zu vorgebaut. Die Krane arbeiten gerade landwärts und bringen die obere Gurtung und den Rest der Fahrbahnträger ein. Das Material wird aus Schiffen gehoben, die unter der Brücke verankert sind. (Engineering News Record Bd. 93 (1924) Nr. 17.) [M 1010] Bu.

Völliger Neubau der Waterloo-Brücke in London.

Der Themsebrücken-Ausschuß hat kürzlich auf Grund der Gutachten von hervorragenden Sachverständigen dem London County Council berichtet, daß man die Waterloo-Brücke abbrechen müsse, um den Einsturz zu verhüten. Die Wiederherstellung und Verbreiterung ohne Unterbrechung des Verkehrs, die vorgeschlagen sei, wäre nicht ratsam, es müsse eine völlig neue Brücke gebaut werden. Der empfohlene neue Entwurf würde nicht mehr als fünf Bogen und eine für sechs Reihen Fahrzeuge ausreichende Breite erhalten. Am nördlichen Ufer des Flusses solle der Verkehr nicht die ohnehin bereits übermäßig in Anspruch genommene Uferfläche benutzen, sondern durch einen Tunnel geführt werden.

Der Ausschuß billigte die vorgeschlagene Lage der Brücke bei St. Paul oder dem Temple nicht, sondern forderte, daß alle Beteiligten an einem Plan der neuen Brücke bei Charing Cross mitwirken sollten. Dieser Vorschlag würde einen sehr guten Ersatz bringen, aber freilich sehr kostspielig sein. Die tatkräftige Mitwirkung der Southern Railway sei dabei notwendig. (The Engineer 20. Februar 1925.) [N 575] Bu.

Kleine Mitteilungen.

Saugbagger mit Diesel-elektrischem Antrieb.

Die Hafenbehörde von Portland, Ore., hat gegenwärtig einen Saugbagger „Clackamas“ von rd. 72 m Länge, 15,24 m Breite und 3,9 m Tiefe im Bau, der bei 2,34 m Tiefgang 2480 t verdrängt. Der Schiffskörper, ganz aus Eisen, hat wasserdichte Längsschotten in 2,13 m Abstand von den Seitenwänden, die je sechs wasserdichte Kammern bilden und 3948 Faß Treiböl, 113 m³ Trinkwasser sowie 29,1 m³ Schmieröl aufnehmen, aber auch im Falle des Versinkens leer geblasen und zum Leichtern des Baggers benutzt werden können.

Die Maschinenanlage besteht aus zwei Achtzylinder-Viertaktdieselmaschinen von je 800 PS bei 200 Uml./min und zwei Sechszylinder-Viertaktdieselmaschinen von je 900 PS bei 150 Uml./min, die mit Gleichstromerzeugern von $2 \times 540 + 2 \times 610$ kW gekuppelt sind. Der erzeugte Strom wird hauptsächlich für den Antrieb der Saugpumpe verbraucht, die als Kreiselpumpe mit 762 mm Weite der Stutzen und vierflügeligem Laufrad von rd. 1780 mm Dmr. gebaut ist und durch einen zwischen 250 und 360 Uml./min regelbaren Gleichstromverbundmotor von 2700 PS bei 500 V angetrieben wird. Die Pumpe hat ein Stahlgußgehäuse, dessen Seitenwände durch 20 mm dicke auswechselbare Platten aus Flußstahl geschützt sind. Ein weiterer Gleichstrommotor von 250 PS bei 600 Uml./min und 250 V treibt über mehrere Zahnrädervorgelege den Fräskopf, der am Ende eines rd. 23 m langen Auslegers angebracht ist und dessen Drehzahl von 25 oder 12 Uml./min abwärts auf elektrischem Wege verändert werden kann. (Mechanical Engineering August 1925 S. 605/12*.) [N 862 a] H.

Das Stahlwerk von Brown Bayley in Sheffield.

In den letzten 50 Jahren sind die Stahlwerke von Brown Bayley in Sheffield durch ihre hochwertigen Stahlsorten bekannt geworden. Die Anlagen bedecken 8,5 ha und verfügen über 4,5 km Eisenbahngleise. Den Hauptraum beanspruchen die Walzwerkanlagen, zu denen auch ein Radreifenwalzwerk gehört. Sechs Siemens-Martin-Öfen, ein elektrischer Ofen und ein neuer Tiegelschmelzofen erzeugen zurzeit jährlich 80 000 t Stahl für die verschiedensten Zwecke. Die Schmelzofenanlage besteht aus einem Generator, einem Schmelzofen mit zweireihigem Schmelzraum für je sechs Schmelztiegel mit zweikammeriger Regenerativheizung, einem mit Gas gefeuerten Ofen, worin gleichzeitig 35 Schmelztiegel gebrannt werden können, einer Schmelztiegelformmaschine usw. Der elektrische Kippofen für 7½ t ist ein Lichtbogenofen und verbraucht 900 kVA. Die Graphitelektroden haben 300 mm Dmr. (Engineering 14. August 1925 S. 192/96* m. 1 Taf.) [N 862 b] Gw.

Stromversorgung von San Francisco.

Der erste Bauabschnitt der Hetch Hetchy-Anlage für die Kraftversorgung von San Francisco ist mit der Inbetriebnahme des Moccasin-Kraftwerkes beendet. Hetch Hetchy ist ein großes, in den Tuolumne-Fluß abfließendes Staubecken von rd. 254 Mill. m³ Fassungsraum. 19,2 km unterhalb liegt Early Intake, der Ausgangspunkt eines rd. 30 km langen Stollens zum Kraftwerk bei Moccasin. Der zweite Teil dieses Stollens — etwa 18 km — ist mit Beton ausgekleidet. Höhe und Breite des Stollens (im unteren Teil des hufeisenförmigen Querschnittes) betragen 3 m. Er endet in einem Staubecken von rd. 3,2 Mill. m³ Fassungsraum. Von hier strömt das Wasser über ein Schieberhaus durch einen 1600 m langen Stollen in das Wasserschloß, woran sich drei Druckleitungen von 2,6 bis 1,4 m Dmr. zum Kraftwerk anschließen. Das Kraftwerk bei Moccasin, an der Straße zum Josemite National Park, ist für 80 000 kVA gebaut. Vier Stromerzeuger von je 115 t Gewicht liefern Drehstrom von 11 000 V, der in 12 Transformatoren auf 115 000 (später 154 000) V gebracht wird. Der hochgespannte Strom wird mittels einer 155 km langen Überlandleitung nach San Francisco übertragen. Die Stromverteilung innerhalb der Stadt betreibt vorläufig auf Grund eines Vertrages die Pacific Gas & Electric Co. (Electrical World 1. August 1925, S. 207/11*.) [N 862 c] M.

Neue Schleuse bei Ymuiden.

Um die Schleuseneinrichtungen des Stichkanals von Amsterdam (Zuiderzee) zur Nordsee dem ständig wachsenden Schiffsverkehr anzupassen, baut man seit längerer Zeit eine neue Schleuse an der Seeseite des Kanals bei Ymuiden, die in den Abmessungen von 400 m × 50 m bei 15 m mittlerer Tiefe noch die bis dahin größten Kanalschleusen des Panamakanals (305 m × 33,5 m) übertreffen soll. Langwierige und kostspielige Vorversuche erbrachten den Nachweis, daß 9 m Grundwasserabsenkung genügen, um einen Einbruch des Salzwassers in die Baustelle zwischen zwei Tonschichten in 18 und 40 m Tiefe zu verhüten. Als Abschluß der Schleusenkammer sollen seewärts zwei Schiebetore, landeinwärts ein Tor in jedem Schleusenhaupt dienen, das in der Wasserführung durch die Kammern hindurch nach den neueren Erfahrungen ausgeführt wird. Die Kaimauern sind bereits fertiggestellt. Sie sind auf Rosten von geneigten Betonpfählen mit Eiseneinlagen gegründet, die 22 m tief hinabreichen und am Kopf durch den Betonoberbau zusammengehalten werden. Nach der Kanalseite zu bilden Spundwände aus Eisenbetonpfählen von 550 × 530 mm² Querschnitt den Abschluß. Die Baukosten, einschließlich der Kosten der Wasserhaltung und der gesamten Erdarbeiten, werden auf rd. 31 Mill. ℳ geschätzt. (Le Génie civil 15. August 1925 S. 141/48*.) [N 862 d] S.

Untersuchung von Zahnrädern in polarisiertem Licht.

Die General Electric Co. hat kürzlich bei der Untersuchung der Zahnbeanspruchungen an Modellen aus Zellhorn die Beanspruchung des Zellhorns bis auf 250 kg/cm² getrieben. Das Modell hatte 150 mm Dmr. und 6,4 mm Dicke. Bei starker Belastung der Zähne durch Eindrücken eines Bolzen in die Zahnlücke wurden gewöhnliche Evolventenzähne mit höchstens 6600 kg/cm² und sogenannte korrigierte Evolventenzähne mit 5900 kg/cm² beansprucht. Diese Werte sind erheblich höher als man bei der üblichen Berechnung der Zahnräder für die gleiche Belastung erhält, doch zeigt die Untersuchung in polarisiertem Licht, daß die Beanspruchungen nur ganz örtlich und nahe der Oberfläche auftreten. Die Ermüdungsfestigkeit hat man bei einer Dauerschlagprobe an einem Zahnrad geprüft, das verschieden stark auf einen Dorn gepreßt wurde. Die Risse an der Zahnwurzel reichten dabei um so tiefer, je stärker das Rad auf den Dorn gedrückt wurde. Modellräder aus Zellhorn wurden auch während des Laufes unter Last untersucht. Ein elektrischer Funke leuchtet jeweils auf, wenn sich die Kraftverteilung in einem Einzelzahn in gleicher Weise wiederholt. Die Versuche erstreckten sich bis zu 1200 Uml./min. (American Machinist 15. August 1925 S. 51/54*.) [N 862 e] A.

Geräuschquellen bei Zahnrädergetrieben.

Um das auch bei guter Bearbeitung und Zentrierung unvermeidliche Tönen schnellaufender Zahnräder aus dem Gebiete der unangenehmen Geräusche zu entfernen, hat man vorgeschlagen, die Zähnezahlen der kämmenden Räder so zu wählen, daß die Zahl der Zahneingriffe in der Zeiteinheit der Schwingungszahl eines angenehmen Tones entspricht. Geeignete Übersetzungsverhältnisse hierfür sind: 5 : 6 kleine Terz, 4 : 5 große Terz, 2 : 3 Quinte, 2 : 1 Oktave. Läuft z. B. ein Rad von 30 Zähnen mit einem Rad von 25 Zähnen, so bilden die entstehenden Töne eine kleine Terz, bei einem Rad von 24 Zähnen, das mit einem Rad von 30 Zähnen läuft, entsteht eine große Terz usw. Die Auswahl der Zähnezahlen nach diesen Vorschlägen kann die Bestrebungen, ruhigen Lauf der Getriebe zu erreichen, wesentlich unterstützen. (American Machinist 15. August 1925 S. 49/50.) [N 862 f] A.

Oelabscheider für das Ballastwasser von Schiffen.

Eine in der U. S. Naval Engineering Experiment Station geprüfte Einrichtung nach H. M. Alexander, die für rd. 50 m³/h Leistung bemessen ist, beruht ausschließlich darauf, daß das Öl vom Wasser durch den Unterschied im spezifischen Gewicht getrennt wird. Das Wasser läuft hierbei in vier Stufen durch konzentrisch zu einander gelagerte Kammern, von denen die beiden inneren, die die erste Stufe bilden, mittels Dampfschlangen beheizt werden können, während die beiden letzten Stufen als Filter ausgebildet und mit glasierten Tonscherben gefüllt sind. In der Regel reicht es aus, wenn nur die innerste erste Stufe beheizt wird, die Heizung der zweiten Stufe kommt in den Wintermonaten in Betracht. Das abgeschiedene Öl sammelt sich in einem kegeligen Einsatz oben in den beiden innersten Kammern, während das gereinigte Wasser außen abläuft. Das Gesamtgefälle innerhalb der Vorrichtung beträgt nicht mehr als 171,5 mm. Um die Filter zu reinigen, läßt man sie mit Wasser ganz voll laufen und erwärmt dann das Wasser mittels besonderer Heizschlangen. Bei einem der Versuche wurden bei etwa der vorgeschriebenen Nennleistung und rd. 4,5 vH Ölgehalt des Ballastwassers im gereinigten Wasser nicht mehr als 0,00045 vH Öl vorgefunden. (Mechanical Engineering August 1925 S. 645/47*.) [N 862 g] H.

BÜCHERSCHAU.

Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren. Aufgestellt von dem hierfür vom V. d. I. und vom V. D. M. A. gebildeten Ausschuß. Berlin 1925, VDI-Verlag. 54 S. m. 53 Abb. Preis 4 ℳ.

Gegenüber der Fassung des „vorläufigen Entwurfs von 1912" ist in den „Allgemeinen Regeln" übereinstimmend für Ventilatoren und Kompressoren festgelegt:

„Wenn es sich um Abnahmeversuche handelt, muß die Gewährleistung unter Berücksichtigung der Versuchsfehler erfüllt werden."

Diese Forderung ist der Angelpunkt für Abnahmeversuche und für Prüfungen auf dem Versuchsfeld. Damit wird die scharfe Fassung des Entwurfs: „. . . ., so muß die Gewährleistung in jedem Fall voll erfüllt werden," nur scheinbar gemildert, denn die neue Fassung enthält die Forderung, Versuchsanordnungen und Meßeinrichtungen so auszuwählen, vorzuprüfen und zu handhaben, daß die Versuchsfehler bestimmt und berücksichtigt werden können.

Zweifellos wird diese Bestimmung die Entwicklung und Anwendung der Meßeinrichtungen wesentlich fördern, rückwirkend aber die Hersteller von Meßgeräten und Meßeinrichtungen, nicht zuletzt auch die Konstrukteure von Ventilatoren und Kompressoren zwingen, Meßgeräte und Maschinen so zu vervollkommnen, daß die zugesagten oder geforderten Werte auch gemessen und erreicht werden können.

Dieses Ziel wird man nicht sofort erreichen, aber der erfreulich voranschreitende Ausbau unsrer wissenschaftlichen Forschungsstätten läßt erhoffen, daß wir in absehbarer Zeit zu Ergebnissen kommen werden. Einen wesentlichen Beitrag in dieser Richtung hat vor Abschluß der Regeln die Ermittlung der Durchflußziffern für Normaldüsen und Stauränder geliefert. Die Normaldüsen sind durch die neu vorgeschriebenen Ringnuten vervollkommnet. Normalstauränder sind neu aufgenommen und ebenfalls mit ausgleichenden Druckentnahmeringen ausgerüstet; die Beiwerte sind mit einer Toleranz von ± 0,02 angegeben, die in Abhängigkeit von der Vorgeschwindigkeit anzuwenden ist. Die zugehörigen Berechnungen sind noch nicht abgeschlossen. Bis dahin muß man mit den Zahlenwerten ohne Toleranz rechnen.

Für Untersuchungen an Grubenventilatoren geben die Regeln bemerkenswerte Anleitungen für Netzmessungen im Wetterkanal und für Messungen in unzugänglichen Kanälen. Bei Ventilatoren und bei Kompressoren ist jetzt die Mengenbestimmung durch Teilstrommessung zugelassen, worauf man in den letzten Jahren einige neue Meßverfahren aufgebaut hat.

Im III. Teil ist insbesondre der Druckabfall bei Querschnittverengungen wissenschaftlich behandelt, ferner sind die Druckverhältnisse an Düsen, Venturirohren und Staurändern dargestellt, und es ist die Normform für das Staurohr von Prandtl und ein Beispiel für Teilstrommessung angegeben. Beachtung verdienen ferner die Angaben über die Berechnung der Nutzleistung bei verschiedenen Einbauarten der Ventilatoren und über die gleichwertige Öffnung und dimensionslose Kennlinien.

Vier Schlußteile enhalten Musterbeispiele, Untersuchungen an Ventilatoren und Kompressoren, eine Übersicht über das einschlägige Schrifttum und über Hersteller von Meßgeräten.

[E 708] E. Stach.

Die Praxis des wirtschaftlichen Verschwelens und Vergasens. Von Limberg. Halle a. S. 1925, Wilh. Knapp. 105 S. m. 32 Abb. Preis geh. 6,50 ℳ.

In der Einleitung des Buches wird zunächst der alte Rolle-Ofen beschrieben, wobei der Verfasser nachweist, daß dieser Ofen in seiner jetzigen Form heute nicht mehr recht in Frage kommt. In gleicher Weise werden die Drehretorten als bei minderwertiger Braunkohle unwirtschaftlich beschrieben und sodann im Hauptteil des Buches das neue Verfahren zur Verschwelung mit Innenheizung eingehend abgeleitet und Betriebsergebnisse dargelegt. Es scheint nach diesen Darlegungen sicher, daß dieses neue Verfahren für die Verarbeitung von mitteldeutscher Rohbraunkohle mit 55 vH Wasser seinen Weg in die Praxis finden wird. Die Selbstkostenaufstellung enthält außerordentlich günstige Ergebnisse.

Zum Schluß beschäftigt sich der Verfasser auch mit der Frage des wirtschaftlichen Vergasens von Rohbraunkohle. Die von dem Preisgericht der brennkrafttechnischen Gesellschaft seinerzeit preisgekrönten Entwürfe werden eingehend durchgesprochen und verschiedene Einwände gemacht, während der Verfasser selbst eine Verbindung dieser Vergasung mit seinem Schwelverfahren herbeiführen möchte. Die Vorschläge dieses Abschnittes sind unbestimmt und lassen keine praktische Durchführbarkeit erkennen.

[E 725] Tr.

Die Methoden der organischen Chemie. Ein Handbuch für die Arbeiten im Laboratorium. Herausgegeben von J. Houben. Leipzig 1925, Georg Thieme. 3. Aufl. 1. Bd. 1340 S. m. 2 Taf. und 581 Abb. Preis geb. 75 ℳ.

Besser konnte die Notwendigkeit und zugleich die Brauchbarkeit des in der Überschrift genannten Werkes nicht dargetan werden, als durch die Tatsache, daß schon lange vor dem vollständigen Erscheinen der 2. Auflage sich die Notwendigkeit einer dritten herausstellte. Wie in der Vorrede mitgeteilt wird, geschah dies kurze Zeit nach dem Erscheinen des 1. Bandes der 2. Auflage, der in Z. Bd. 66 (1922) S. 23 empfehlend besprochen wurde. Auf diese Besprechung kann hier um so eher verwiesen werden, als in der Anordnung des umfangreichen Stoffes keine Änderung eingetreten ist und die Bearbeiter der einzelnen Kapitel im ganzen dieselben geblieben sind. Neu hinzugefügt sind die Kapitel über Interferometrie (Verf. Paul Hirsch, Jena), über die Messung von p_H (Verf. Leonor Michaelis, Berlin) und über thermische Analyse (Verf. H. Rheinboldt, Bonn), deren Verfasser also gleich den übrigen Mitarbeitern durch ihre forschende Tätigkeit auf den von ihnen bearbeiteten Gebieten bekannt sind.

[E 729] Böttger.

Gedenkboek der Staatsspoor- en Tramwegen in Nederlandsch-Indie. 1875 bis 1925. Von S. A. Reitsma. Topografische Inrichting Weltevreden 1925. 216 S. m. zahlr. Abb.

In der Geschichte der kolonialen Schöpfungen europäischer Völker im fernen Osten bedeutet die Aufschließung Niederländisch-Indiens durch die Holländer zweifellos eine kulturelle Großtat ersten Ranges. Welche entscheidende Rolle dabei der Bahn zukam, wird offenbar durch das vorliegende Werk, das bei Gelegenheit des 50jährigen Bestehens der Bahnen (6. April 1875 bis 6. April 1925) von ihrem Hoofdinspecteur in Bandoend dargereicht wird.

Welche bergehohen Schwierigkeiten in diesem Zeitraum überwunden wurden und welche Tatkraft dazu nötig war, das spricht aus jeder Zeile des Buches. Von den Erfolgen der zähen Pionierarbeit, mit der das Land in die Weltwirtschaft eingeschaltet wurde, geben die folgenden, willkürlich herausgegriffenen Zahlen beredte Kunde. Im Jahre 1878 betrug die Gesamtlänge rd. 40 km, 1924 über 4000 km; ihre Reineinnahmen beliefen sich im Jahre 1878 auf 130 782 holl. Gulden, 1924 auf 19 533 879 holl. Gulden. Ein geschichtlicher Rückblick stellt gewissermaßen eine Bilanz der holländischen Kulturarbeit der letzten 50 Jahre in Niederländisch-Indien zur Aufschließung des Landes dar. Die Entwicklung von der Trambahn bis zur heutigen Vollspurbahn mit Schnellzugverkehr findet einen deutlichen Ausdruck in der Zusammenstellung der Lokomotivbilder aus den verschiedenen Jahren der Entwicklung, angefangen bei der 1 B-Tenderlokomotive aus dem Jahre 1878 bis zur neuzeitlichen 1 D-D 1-Mallet-lokomotive und den verschiedenen elektrischen Lokomotiven des Jahres 1925. Des weiteren berichtet das Buch bis in kleinste Einzelheiten gründlich und sorgfältig über die Bahnlinien, die Brücken, das Signalwesen, die Fahrzeuge, über den Streckendienst, über die verschiedenen Arten des Dampf-, elektrischen und Bergbetriebes der Normal- und der Schmalspurbahnen, über die Tarife, über die Wirtschaft der Bahnen, über ihre bedeutenden Männer. Viele Landkarten und graphische Darstellungen erleichtern die Übersicht über das Gebotene, eine reiche Zahl von Photographien gibt eine lebhafte Vorstellung von der niederländisch-indischen Welt, der Arbeit der Holländer in ihr und von ihrer Bedeutung für die Weltwirtschaft.

Über die äußere Aufmachung des Werkes ist nur zu sagen, daß es seine Aufgabe, ein Künder des Ruhmes staatlicher Taten zu sein, angemessen löst. Die Arbeit ist allen, denen koloniale Wirtschaft am Herzen liegt, warm zu empfehlen, vorzüglich den Technikern kolonialen Verkehrs. [E 683] Fh.

The Engineering Index 1924. Herausgegeben von der American Society of Mechanical Engineers. New York 1925, Selbstverlag. XVI u. 711 S. Preis 7 $.

Der Engineering Index hat sich nun schon lange Jahre dem in der Literatur tätigen Ingenieur als guter Berater bewährt. Der Inhalt erstreckt sich über die technische Literatur der ganzen Welt, das Verzeichnis der bearbeiteten Zeitschriften zählt rd. 700 Namen aus fast allen Ländern. Dem Benutzer ist besonders zu empfehlen, Nachforschungen unter dem Stichwort „Bibliographies" zu beginnen, wodurch er viel mühseliges Suchen erspart.

[E 716] Freimuth.

Vorschriften über Anlegung, Untersuchung und Betrieb von Dampfkesseln sowie über bewegliche Kraftmaschinen u. Dampfpflüge. Von H. Jahr. 7. verm. Aufl. Hagen/W. 1925, Otto Hammerschmidt. 207 S.

Der Schrotthandel. Nachschlage- u. Handbuch f. d. Alteisen- oder Schrottbranche. Von Eduard Mohr. 2. neubearb. u. erw. Aufl. Düsseldorf 1924, Ed. Mohr. 158 S. m. 25 Abb. Preis 8 ℳ.

Reparaturen am Motorrade. Von Reinhold Thebis. Berlin-Charlottenburg 1925, C. J. E. Volckmann Nachf. 186 S. m. 98 Abb. Preis 3,50 ℳ.

Übersichtskarte der Welt-Erdöl-Industrie. Lemberg (Polen), Stefan Korytko. Wien 1925, Verlag für Fachliteratur. Preis 3 ℳ.

Technisches Wörterbuch des Maschinen- u. Schiffbaues. T. 1: Deutsch-Englisch. Von Erich Krebs. 2. Aufl. Berlin und Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 149 S. Preis 1,25 ℳ.

Wörterbuch der elektrischen Nachrichten-Technik. Von O. Sattelberg. T. 1: Englisch-Deutsch. Berlin 1925, Julius Springer. 292 S. Preis 9 ℳ.

Das Tauwerk. Behandlung des Tauwerks, Stiche, Spleiße, Bunde u. Knoten. Von A. Schömann. Berlin 1925, Beuth-Verlag. 36 S. m. 49 Abb. Preis 1 ℳ.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Der erste deutsche Turbinen-Radschleppdampfer „Dordrecht".

In Z. Bd. 68 (1925) S. 341 ist ein Turbinenschlepper mit einem gleich starken Dieselmotorschlepper unter Voraussetzungen verglichen, die nicht ganz einwandfrei sind.

Die Unkosten einer Schleppfahrt des Turbinendampfers von Duisburg nach Köln werden nämlich darin aus dem nur sechs Stunden lang gemessenen Nettokohlenverbrauch ermittelt. Vom Bruttokohlenverbrauch 1057 kg/h wird ein gewisser Anteil Asche und Schlacke und ein angenommener (also nicht gemessener) Verbrauch für die Rudermaschine abgezogen, wodurch sich 937 kg/h ergibt. Das viel Kohlen kostende Ab- und Aufstochen wird nicht berücksichtigt. Die Fahrzeit von Duisburg bis Köln von 16 h 33 min wird alsdann mit dem Nettoverbrauch von 937 kg/h vervielfacht, ohne zu berücksichtigen, daß die gerühmte kurze Fahrzeit bis Köln durch eine am zweiten Tag einsetzende gesteigerte Maschinenleistung zustande kam, wobei Kohlen gar nicht mehr gewogen wurden. Der Brennstoffverbrauch eines Dieselmotors wird demgegenüber ermittelt, indem man 17½ h Fahrzeit annimmt und statt 175 g/PSh Gasöl 187 g/PSh einsetzt. Die Ersparnis der Heizer, der flottere Fortgang des Motors wird außer Acht gelassen, jedoch ein sehr hoher Schmierölverbrauch am Motor hervorgehoben, ohne zu bedenken, daß der Schlepper „Haniel XXVIII" Wasserkühlung hat.

Wirtschaftlichkeitsberechnungen ohne Unterlagen einer Reedereistatistik, noch dazu Vergleiche von Radschleppern mit Schraubenschleppern, sind leicht irreführend und erschweren die Erkenntnis der Wahrheit, die unsere schwer um ihr Dasein ringende Flußschiffahrt so sehr nötig hat. Zilcher.

Entgegenung.

Auf Herrn Oberingenieur Zilchers Ausführungen habe ich zu erwidern: Die Schlepp- und Kohlenprobe mit dem Dampfer „Dordrecht" ist genau so vorgenommen worden, wie es allgemein bei Rheindampfern üblich ist. Insbesondere ist zu bemerken, daß die Fahrt erst nach monatelangem Betrieb durch die Reederei in der Gebirgstrecke ohne vorherige Reinigung der Kessel stattgefunden hat, und daß Betriebkohlen der Reederei verwendet worden sind. Wissenswert für Reederei und Erbauer war nur der Nettokohlenverbrauch — besser Dampfverbrauch der neuen Turbinenanlage, nicht der Bruttokohlenverbrauch. Es verstand sich daher von selbst, daß die Rückstände an Schlacken und Asche sowie der Aufwand für die Dampfsteuermaschine abgezogen werden mußten. Mit den Probefahrtergebnissen sind somit dem Fachmann die richtigen Unterlagen für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Anlage gegeben. Die Zeit für die Kohlenprobe ist bei Dampfern auf der Probefahrtstrecke allgemein 6 bis 8 h, sie genügt vollkommen, um zu klaren Ergebnissen zu gelangen.

Zweifellos hätte Herr Zilcher der Rheinschiffahrt einen Dienst getan, wenn er statt allgemeiner Hinweise genaue Angaben über die Leistungen und wirklichen Kosten des Motorschleppers gebracht hätte. Die Entscheidung über die Frage, ob ein Motorschlepper mit Schraubenantrieb oder ein teurerer Turbinenschlepper mit Radantrieb vorzuziehen ist, liegt bei der Reederei, die zu berücksichtigen hat, ob sie auch im Mittel- und Oberrhein immer die für den Schraubenantrieb erforderliche Wassertiefe zur Verfügung hat.

Zu beachten ist heute, daß der von mir mit 1,18 ℳ/kg angesetzte Gasölpreis jetzt bereits 1,35 ℳ/kg beträgt und anscheinend weiter steigt, während der Kohlenpreis keine Aussicht auf Erhöhung hat. Ersparnis an Heizern sieht so aus: Motorschlepper „Haniel XXVIII" hat fünf Maschinisten, Turbinenschlepper „Dordrecht" hat drei Maschinisten und fünf Heizer zum Betrieb nötig. Da Maschinisten naturgemäß höher entlohnt werden als Heizer, ist die Ersparnis gewiß nicht groß.

Hinsichtlich des Schmierölverbrauches haben Messungen im Betrieb ergeben, daß beim Zweitaktmotor mit Kurbelkastenspülung 8 g/PS$_e$h, daß bei sogenannter Posaunenkühlung 6 g/PS$_e$h, daß beim Viertaktmotor ohne Kolbenkühlung 2 g/PS$_e$h verbraucht wurden.

Demgegenüber verbraucht nach genauer Dauermessung die gesamte Turbinenanlage auf „Dordrecht" einschließlich Pumpenschmierung 92 g Schmieröl und 91 g Zylinderöl in der Stunde.

Ich bin mit Herrn Zilcher darin einverstanden, daß man der Schiffahrt nur mit genauen Zahlenangaben dienen kann, — dem Fachmann solche zu geben, die er auswerten kann, war der Zweck meiner Gegenüberstellung des Turbinenraddampfers mit dem etwa gleich starken Motorschlepper, wobei mangels andrer nur „Haniel XXVIII" und dessen mir bekanntgewordene Ergebnisse in Frage kamen. [D 662] Dr.-Ing. Richard Blümcke.

Hohlkugeln aus Blechstreifen und Rohren.

In Z. Bd. 69 (1925) S. 732 wird berichtet, die Hollow Ball Co. Inc., Baltimore, habe sich ein Verfahren patentieren lassen, wonach sie Hohlkugeln aus Messing, Kupfer, Monelmetall, Aluminium und andern Nichteisenmetallen, die durchschnittlich weniger als 40 vH gegenüber Vollkugeln gleicher Größe und gleichen Stoffes wiegen, auf kaltem Weg aus Blechstreifen oder nahtlosen Rohren herstellt.

Die Abhandlung könnte den Eindruck erwecken, als ob es sich hier um ein neues Verfahren handle, das auch in Deutschland patentiert sei. Wir erklären demgegenüber, daß unsere Rechtsvorgängerin, die Firma Wieland & Cie., schon vor etwa 20 Jahren nach genau dem gleichen Verfahren Hohlkugeln, auch ganz geschlossene, hergestellt hat, und daß auch wir nach dem gleichen Verfahren arbeiten, und zwar werden die Kugeln in der Hauptsache für die Dekorationsbranche geliefert. Für die Beurteilung des Herstellungsverfahrens ist dies aber belanglos. [D 800] Wieland-Werke A.-G., Ulm a. d. D.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. A. Heller, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 | SONNABEND, 5. SEPTEMBER 1925 | NR. 36

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1176.

Hochdruckdampfbetrieb.

Von Prof. Dr. Löffler, Charlottenburg.

Drucksteigerung bei den heutigen Kesselbauarten — Anforderungen an Hochdruck — Dampferzeuger — Erprobung eines neuen Hochdruckdampferzeugers — Wirtschaftliche Bedeutung und Druckgrenzen des Hochdruckdampfbetriebes — Zwischenüberhitzung und Abzapfvorwärmung — Bau, Betrieb und Verwendbarkeit von Hochdruckdampfanlagen.

In den Veröffentlichungen über Hochdruckdampfbetrieb tritt vielfach das Bestreben hervor, die Steigerung des Dampfdruckes auf mäßige Höhe zu begrenzen und die Überschreitung dieser Grenze als unwirtschaftlich hinzustellen, wobei zum Teil von einseitigen und irrigen Voraussetzungen ausgegangen wird.

Die wissenschaftlichen Grundlagen der großen Vorteile, die mit der Steigerung des Druck- und Temperaturgefälles in Wärmekraftmaschinen zusammenhängen, sind schon seit Carnot, Hirn, Rankine u. a. bekannt. Auch die Bestrebungen, diese Erkenntnis praktisch zu verwirklichen, sind mehr als hundert Jahre alt. Zum Beispiel hat Perkins in England Bootsmaschinen für etwa 100 at Dampfdruck ausgeführt, wobei zur Dampferzeugung Wasser in glühende Rohre gespritzt wurde. Der deutsche Ingenieur Dr. Alban hat Hochdruckdampfmaschinen für 50 at zu bauen versucht und sich schon in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts sehr klar über die Vorteile des Betriebes mit überhitztem und mit Hochdruckdampf ausgesprochen.

Daß diese Bestrebungen nur geringe Erfolge hatten, ist auf die Unzulänglichkeit der damaligen Werkstätten- und Betriebsmittel zurückzuführen. Jahrzehntelang war dann von Hochdruckdampf und Überhitzung nicht mehr die Rede.

Erst Hirn und nach ihm Wilhelm Schmidt sind wieder für die Verwendung überhitzten Dampfes eingetreten, und Schmidt hat ihr durch sein tatkräftiges Vorgehen schließlich die Bahn gebrochen. Er hat auch für die Einführung des Hochdruckdampfbetriebes wichtige Pionierarbeit geleistet[1]). Schon 1913 aber hat Dr. Havliček in Witkowitz die Vorteile der Drucksteigerung in Dampfkraftanlagen bis über 200 at mit wissenschaftlicher Begründung nachgewiesen[2]).

Drucksteigerung bei den heutigen Kesselbauarten.

Auf der „Hochdrucktagung" des Vereines deutscher Ingenieure 1924 sind die Bezeichnungen „Hochdruckdampf" für Drücke zwischen etwa 20 und 50 at und „Höchstdruckdampf" für Drücke von mehr als 50 at geprägt worden; eine kaum haltbare Unterscheidung, da der Begriff „hoch" nur relativ ist. Als der gewöhnliche Betriebsdruck 2 at war, galten 10 at als Hochdruck; vielleicht wird man später einmal noch 50 at als Niederdruck ansehen.

Diese Unterscheidung zwischen Hoch- und Höchstdruck beruht wohl auf dem Gefühl, daß Drücke von mehr als 50 at große Schwierigkeiten beim Bau und Betrieb der Dampferzeuger ergeben müssen, wenn man Kessel der bisherigen Bauart einfach durch Vergrößerung der Wandstärken für Hochdruck geeignet zu machen sucht. Hiervor sollten z. B. die Erfahrungen bei der Ausbildung der Großgasmaschinen warnen.

In Abb. 1 ist schematisch ein Steilrohrkessel mit einer unteren und zwei oberen Trommeln samt Steig- und Fallrohren für Dampf und Wasser dargestellt. Den Wasserstand in den oberen Trommeln bezeichnet die Linie *ss*, den Wasserumlauf sowie die Feuergasführung deuten Pfeile an. Der Dampf wird durch Beheizung des Wasserinhaltes dieses nach außen vollständig abgeschlossenen Systems erzeugt, wobei sicherer Betrieb nur durch wirksamen Wasserumlauf gewährleistet werden kann. Dieser sorgt dafür, daß die insbesondere in den Steigrohren gebildeten Dampfblasen möglichst rasch von den wärmeaufnehmenden Flächen der Rohre entfernt und nach den oberen Trommeln abgeführt werden. Denn beim Haftenbleiben von Dampfblasen an den Wandungen würde der Wärmeübergang verschlechtert und rasche Zerstörung der Rohre herbeigeführt werden.

Der Wasserumlauf wird nur durch die geringen inneren Kräfte bewirkt, die sich aus dem Unterschied des spezifischen Gewichtes des Wassers in den Fall- und in den Steigrohren ergeben. Diesen Unterschied erhöhen die Dampfblasen in den Steigrohren. In den Fallrohren steigen aber die Dampfblasen dem Wasserumlauf entgegen auf, können ihn daher in schädlicher Weise hemmen, zum Stillstand bringen und sogar umkehren. Jedenfalls ist die Wirkung des Wasserumlaufes nicht streng beherrschbar, sondern von den zufälligen Wärme- und Betriebsverhältnissen, besonders an den Wänden, abhängig. Abscheiden von Kesselstein und Verunreinigungen sowie von Dampf- oder Gasblasen ruft ferner gefährlichen Wärmestau in den wärmeübertragenden Wandungen hervor.

Die gebräuchlichsten Kessel dieser Art unterscheiden sich voneinander im wesentlichen durch die Hilfsmittel, durch die wirksamer Wasserumlauf gesichert werden soll. Besonders bedeutungsvoll sind die Verhältnisse in den oberen Kesseltrommeln, in deren Wände die zahlreichen Rohre eingewalzt werden, und in denen in der Regel durch äußere Beheizung auch Dampf erzeugt wird. Schwierig ist es insbesondere, die Formänderungen, die die Wärmewirkungen im ganzen Kesselsystem hervorrufen, zu beherrschen. Will man die Kesseltrommeln festlegen, dann muß man alle Rohre in Schlangenform federnd ausbilden, damit keine schädlichen Spannungen an den Einwalzstellen der Rohre entstehen. Das hemmt aber das Aufsteigen der Dampfblasen, zumal wenn sie bei hohem Dampfdruck immer kleiner werden.

Wesentlichen Einfluß auf die Entwicklung der Steilrohrkessel für höchste Drücke haben die Kosten der Trommeln. Schon für Drücke von 50 at muß man sie aus hochwertigem Sonderstahl, in der Regel durch Schmieden oder Walzen aus einem Stahlblock, herstellen; sie werden daher sehr teuer. Das ist wohl der

Abb. 1. Schema eines Steilrohrkessels.

[1]) Z. Bd. 65 (1921) S. 663.

[2]) Z. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. Bd. 65, 17. Okt. 1913.

Hauptgrund, weshalb man empfohlen hat, den Wasserinhalt der Höchstdruckkessel möglichst zu verkleinern und den Durchmesser der Trommeln bis auf etwa 300 mm herabzusetzen; nur wird nicht gesagt, wie dann die vielen Rohre noch betriebsicher und dicht eingesetzt werden sollen.

Die Herstellung des Kessels, insbesondere das Einwalzen der Rohre, wird mit steigendem Dampfdruck und größeren Wandstärken immer schwieriger. Eine Trommel von 1000 mm l. W. müßte für 100 at Druck etwa 100 mm Wandstärke haben, und in so starke Wände Rohre von 50 bis 100 mm l. W. und 10 bis 15 mm Wandstärke einzuwalzen, stellt ganz besondere Anforderungen. Bei Wasserkammer- oder Sektionalkesseln kommt noch hinzu, daß man, um die Wasserrohre zugänglich zu machen, eine große Zahl von Kappenverschlüssen braucht, die schwer abzudichten sind.

Anforderungen an Hochdruck-Dampferzeuger.

Unter allen Umständen ist auch bei hohen Spannungen ein großer Wasserinhalt des Kessels notwendig, um Energieschwankungen durch die im Wasser aufgespeicherte Wärme ausgleichen und plötzlicher größerer Dampfentnahme folgen zu können, so daß die Heizung Zeit gewinnt, nachzukommen. Hochdruckdampferzeuger, die nur für gleichmäßige Belastung geeignet sind, können nur sehr beschränkt Verwendung finden. Weiter soll die Wärmeaufnahme zur Dampferzeugung an möglichst gefahrlosen Stellen bei geringstem Wärmestau in den Wandungen erfolgen; aber auch bei unvorhergesehenem Wärmestau und selbst beim Bruch einer Wand darf sich keine explosive Wirkung oder weitreichende Gefahr ergeben. Dies verlangt zwangläufige Wärmeentnahme aus den Wandungen und schließt die Wärmeaufnahme über dicke Wandungen hinweg aus. Selbst bei Verwendung von destilliertem Wasser läßt sich gefährlicher Wärmestau in dicken Wandungen nicht verhüten, da das Wasser immer Gase enthält, die an den Wandungen haften bleiben und die wärmeabführende Seite von Wasser entblößen.

Daher darf die Wärme nicht von außen, sondern sie muß von innen in das Wasser der Kesseltrommel eingeführt werden. Das kann etwa in folgender Weise geschehen: In Abb. 2 ist eine Trommel mit großem Wasserinhalt dargestellt. Das Wasser wird durch mittelbare Zuführung von Wärme verdampft, indem in den Wasserraum der Trommel *k* eine Heizschlange *s* gelegt wird, durch die ein Heizmittel (Öl, flüssiges Metall usw.) von einer Pumpe *p* im Kreislauf umgetrieben wird. Zur Erzeugung von Dampf von 100 at bei 310 ° würde das Heizmittel beim Austritt aus der Schlange in einer Heizvorrichtung *h* von etwa 320 ° auf 400 ° erhitzt werden und seine Wärme ständig an das Wasser der Trommel abgeben. Der Verbrauchsdampf wird der Kesseltrommel bei *d* entnommen.

Bei nennenswertem Dampfbedarf braucht man aber, selbst besten Wärmeübergang vorausgesetzt, innerhalb des Wasserraumes der Trommel eine so beträchtliche Schlangenheizfläche, daß die Trommel sehr groß und kostspielig wird. Abgesehen hiervon setzt sich bei hartem Wasser außen an der Heizschlange Kesselstein ab, der den Wärmeübergang bald wesentlich verschlechtert. Ferner läßt jede Undichtheit an der Heizschlange innerhalb des Wasserraumes das Heizmittel in das Wasser austreten, was unter Umständen unabsehbare Betriebstörungen hervorrufen kann.

Alle Schwierigkeiten und Nachteile, die mit einer solchen Anordnung verbunden sind, werden vermieden, wenn als Heizmittel überhitzter Dampf verwendet und unmittelbar in das Wasser eingeführt wird. In der sonst unbeheizten Kesseltrommel *k* (Verdampfer), Abb. 3, wird zunächst mittels eines Hilfskessels ein mäßiger Dampfdruck erzeugt. Nach Abschalten des Hilfskessels entnimmt man der Trommel Dampf und leitet ihn mittels der Pumpe *p* zuerst durch einen unmittelbar befeuerten Überhitzer *u* und hierauf in das Wasser der Trommel, an das er seine Überhitzungswärme zur Bildung von Sattdampf abgibt. Durch den fortgesetzten Zwangsumlauf des Dampfes und die stetige Wärmezufuhr kann jeder beliebige Druck in der Trommel erzeugt werden. Bei 100 at Spannung und Überhitzung auf 450 ° hat man etwa 3½ mal so viel Dampf umzupumpen, als verbraucht wird. Zweckmäßig wird der Verbrauchsdampf der Umlaufleitung etwa bei *d* als überhitzter Dampf entnommen; bei wechselnder Belastung bleibt dann die Überhitzung des Verbrauchsdampfes nahezu unverändert. Das Speisewasser wird wie bei jedem andern Kessel von einer Pumpe *s* über einen Vorwärmer *v* in den Verdampfer *k* gedrückt.

Bei diesem Verfahren nimmt der als Heizmittel dienende Dampf die Wärme aus der Feuerung in Rohren von kleiner lichter Weite so zuverlässig auf, daß die Wandspannungen auch bei hohen Drücken und Temperaturen sicher beherrscht werden können und sogar gewöhnlicher Siemens-Martin-Stahl für die Rohre genügt. Schädlicher Wärmestau kann bei dem Zwangsumlauf des Dampfes in den Rohren weder durch Absetzen von Verunreinigungen noch durch Haftenbleiben von Dampf- oder Gasblasen entstehen. Selbst wenn sich aber die Rohrwand überhitzen und schließlich reißen sollte, würde man explosive Folgen leicht durch Anbringung eines Rückschlagventiles verhüten können, so daß nur Dampf in die Feuerzüge ausströmen und etwa das Feuer verlöschen würde.

Aus dem Wasserinhalt der großen Kesseltrommel wird durch die Zuführung des überhitzten Dampfes der gesamte Sattdampf erzeugt. Diese Trommel kann trotz des hohen Dampfdruckes aus gewöhnlichem Stahl hergestellt werden, da ihre Spannungen die durch Druck und Temperatur gegebenen Grenzen nicht überschreiten. Verunreinigungen und Kesselstein wirken in ihr nicht schädlich, im Gegenteil, sie verringern nur die Wärmestrahlung nach außen. Die Kesseltrommel kann um etwa 50 vH geringere Wanddicke erhalten als die Trommeln der üblichen Steilrohr- oder Wasserkammerkessel und mit weit niedrigeren Kosten hergestellt werden.

Sehr wichtig ist, daß man den Verdampfer an beliebiger Stelle und unabhängig von der Heizvorrichtung des Überhitzers, also auch am Boden, an tiefster Stelle anordnen kann, so daß keine schweren Gerüste dafür erforderlich sind. Seine Größe wird durch die notwendige Speicherfähigkeit

Abb. 2. Dampferzeugung durch ein umlaufendes Heizmittel mit Wärmeübertragung durch Rohrschlange.

d Dampfentnahmestelle *h* Heizvorrichtung
k Trommel *p* Pumpe *s* Heizschlange.

Abb. 3. Dampferzeugung durch umlaufenden Dampf und unmittelbare Wärmeübertragung durch überhitzten Dampf.

d Dampfentnahmestelle *k* Kesseltrommel *p* Pumpe
s Pumpe *u* Ueberhitzer *v* Vorwärmer.

Abb. 4. Abb. 4 und 5. Speicherfähigkeit und Behältergewicht. Abb. 5.

Δq Flüssigkeitswärme r Verdampfungswärme v' spez. Wasservolumen G Behältergewicht je 1000 kg Wasser.

δ aus Flüssigkeitswärme } erzeugte Dampfmenge; δ' „ Eisenwärme } erzeugte Dampfmenge; $\delta_1 = \delta + \delta'$ gesamte Dampfmenge; S spez. Behältergewicht.

des Kessels bedingt, die ermöglichen muß, den Wärmeinhalt des Wassers bei entsprechender Druckabsenkung zur Dampferzeugung heranzuziehen, um Spitzen der Dampfentnahme zu decken.

In Abb. 4 und 5 sind die Verhältnisse, die mit der Speicherwirkung von Kesseltrommeln zusammenhängen, dargestellt. Die Werte der bei 10 vH Druckabsenkung freiwerdenden Flüssigkeitswärme Δq und der Verdampfungswärme r für die verschiedenen Betriebsdrücke sind in Abb. 4 aufgetragen. In Abb. 5 ist der Verlauf der Werte $\delta = 1000 \frac{\Delta q}{r}$, also die aus je 1000 kg Wasserinhalt durch die Wasserwärme erzeugbare Dampfmenge für verschiedene Betriebsdrücke veranschaulicht. Man erkennt, daß diese Dampfmenge mit dem Betriebsdruck stark zunimmt.

Für einen zylindrischen Behälter, Abb. 6, ist unter der Annahme, daß der Wasserspiegel ungefähr in der Mitte liegt, bei gleichbleibender Länge l der für 1000 kg Wasserinhalt erforderliche Durchmesser d für die verschiedenen Betriebsdrücke und Temperaturen bestimmt und für eine zulässige Wandspannung die Wanddicke s sowie das Gewicht G berechnet worden. Abb. 4 zeigt, daß das Be-Druck und der Temperatur des Trommelinhaltes zunimmt, Die schwache Krümmung der Linie G hängt damit zusammen, daß das spezifische Volumen v des Wassers mit dem Druck und der Temperatur des Trommelinhalts zunimmt, also auch ein verhältnismäßig immer größerer Behälter und entsprechend größeres Gewicht erforderlich wird. Da der Behälter außen gut gegen Wärmeverluste geschützt ist, nehmen auch seine Eisenmassen ungefähr die Temperatur des Wassers oder des Sattdampfes an. Bei der Entspannung um 10 vH und der entsprechenden Temperaturabnahme des Zylinderinhaltes wird aus den Eisenmassen des Behälters die Wärmemenge $G\,c\,\Delta t$ frei, wobei Δt die Temperaturabsenkung und c die spezifische Wärme des Eisens ist. Auch diese Wärme dient zur Dampferzeugung, und die betreffende Dampfmenge δ' in Kilogramm ist in Abb. 5 aufgetragen. Insgesamt wird somit aus Flüssigkeitswärme des Wassers und Eisenwärme das Dampfgewicht $\delta_1 = \delta + \delta'$ erzeugt. Mit steigendem Dampfdruck nimmt die aus der Eisenwärme erzeugbare Dampfmenge δ' zu, und bei etwa 120 at ist sie nahezu ebenso groß wie die aus der Wasserwärme erzeugte; bei Drücken bis zu etwa 50 at hat dagegen die Eisenwärme für die Speicherfähigkeit fast gar keine Bedeutung.

Da Hochdruckkessel keine wesentlich größere Speicherfähigkeit als Niederdruckkessel zu haben brauchen, kann man aus der Linie des spezifischen Behältergewichtes $S = \frac{G}{\delta_1}$ die notwendigen Gewichte bei gleichbleibender Speicherfähigkeit für jeden Betriebsdruck entnehmen. Diese Gewichte nehmen bis zu rd. 70 at zu und darüber wieder ab, weil der Einfluß der Eisenwärme zunimmt; bei 120 at braucht man hiernach etwa das gleiche Behältergewicht wie bei 50 at.

Verglichen mit einem Hochdruckkessel der bisherigen Bauart, z. B. einem Steilrohrkessel, kann bei dem neuen Verfahren der Verdampfer um ungefähr 50 vH geringere Wandstärke erhalten als die gewöhnlichen, durch eingewalzte Rohre geschwächten Trommeln. Ein Verdampfer für einen 120 at-Kessel nach dem neuen Verfahren braucht daher nur ebenso schwer zu werden wie ein Kessel alter Art für etwa 30 at, auch wenn man berücksichtigt, daß dessen Speicherwirkung wegen der verhältnismäßig stärkeren Eisenwände höher ist. Bei dem neuen Dampferzeugungsverfahren werden daher die Kesseltrommeln wesentlich billiger, zumal sie selbst für Drücke über 100 at aus gewöhnlichem Siemens-Martin-Stahl und sogar aus geschweißten Blechschüssen hergestellt werden können.

Wesentlich ist auch, daß bei den bisherigen Kesseln jede Dampfblase infolge der großen Höhe der Steilrohre von der Erzeugungsstelle bis zum Austritt an der Wasseroberfläche in der Kesseltrommel einen langen Weg zurücklegen muß, wobei sie sich mit Wasser sättigen kann, während bei dem neuen Verfahren zwischen der Austrittstelle des überhitzten Dampfes in das Wasser und der Oberfläche nur ein Abstand von wenigen Dezimetern liegt. Daher gelangt der Dampf erheblich trockener in die Rohrleitung.

Abb. 6. Zylindrische Trommel als Verdampfbehälter.

Das neue Verfahren ist ein ausgesprochenes Hochdruckverfahren und nur für Drücke von rd. 50 at und mehr wirtschaftlich. Bei niedrigeren Dampfdrücken würde wegen des großen Volumens und der erforderlichen hohen Strömgeschwindigkeit des umzupumpenden Dampfes die Leistung der Umlaufpumpe unzulässig groß werden. Bei Drücken von 10 bis 20 at übersteigt sie unter Umständen sogar die Nutzleistung der Dampfanlage. Je höher aber der Dampfdruck, um so geringer wird die Pumpenleistung, und bei 100 bis 120 at sinkt sie auf ungefähr 1 bis 2 vH vom Leistungswert des erzeugten Dampfes. Bei Kesselanlagen, die längere Zeit mit Teilbelastung arbeiten, wird sie noch geringer, da sie etwa mit der dritten Potenz der Dampfmenge abnimmt.

Von größter Bedeutung für die Betriebsicherheit und besondere Eignung des neuen Verfahrens zur Hochdruckdampferzeugung ist die vollständige Trennung der Wärmeaufnahme aus den Heizgasen von der Sattdampfbildung im unbeheizten Verdampfer.

Erprobung eines neuen Hochdruck-Dampferzeugers.

Zur Erprobung des neuen Verfahrens hat die Wiener Lokomotiv-Fabriks-A.-G., Wien-Floridsdorf, in ihrem Werk eine Versuchsanlage, Abb. 7, aufgestellt. Maßgebend für ihre Herstellung war, den Wärmeverlauf in den Heizgasen sowie im Wasser und Dampf an

Abb. 7. Hochdruck-Versuchsanlage in der Lokomotivfabrik Wien-Floridsdorf.

möglichst vielen Stellen messen zu können. Der Kosten wegen konnte die Anlage keine große Leistung erhalten; sie ist aber nicht als Kleinanlage, sondern als Element eines Großkessels ausgebildet, derart, daß Rohre, Armaturen und Meßvorrichtungen in ihren Abmessungen ungefähr den Bauteilen von Großkesseln entsprechen. Vor allem sollte die Erprobung zeigen, ob man nach dem neuen Verfahren Drücke von mehr als 100 at und Überhitzung des Dampfes bis zu 500 ° betriebsicher und ohne Verluste durch Undichtheit erzielen und beherrschen kann.

In Abb. 7 sieht man rechts vorn den Überhitzungsofen, der die Rohrschlangen zum Überhitzen des Umlaufdampfes und zum Vorwärmen des Speisewassers enthält. Der Ofen wird mit Öl geheizt, damit der Wärmeverbrauch einfach und genau gemessen werden kann. Die Rohrschlangen sind in den Kanälen des Ofens weit auseinandergezogen zu dem Zwecke, die Temperaturen der Heizgase und des Dampfes an verschiedenen Stellen beobachten zu können. Der Ofen hat deshalb einen über das Betriebsbedürfnis hinausgehenden Umfang und im Verhältnis zur Heizfläche der Rohre eine sehr große Ausstrahlfläche erhalten. Die Überhitzungsrohre sind in den Kanälen von dicken Schamottewänden umgeben, damit sie kräftig bestrahlt und hoch beansprucht werden, höher als normal im praktischen Betriebe. Bei Feuergastemperaturen an den Rohren von 1200 bis 1400 ° kann Dampf dauernd auf etwa 500 °, vorübergehend sogar auf nahezu 600 ° überhitzt werden. Durch den Zwanglauf des hochgespannten Dampfes in den Überhitzungsrohren wird erreicht, daß die Temperatur der Rohrwände nur unwesentlich höher ist als die des Dampfes in den Rohren, so daß selbst bei Rohren aus gewöhnlichem Stahl keine gefährlichen Wandspannungen auftreten.

Bei den während längerer Zeit durchgeführten Betriebsversuchen an dieser Anlage haben sich weder Verunreinigungen noch Kesselstein in den Rohren abgeschieden. Bleibende Formänderungen der Rohre sind nicht eingetreten, obwohl die Anlage jeden Tag abgestellt und am nächsten Tage wieder angeheizt wurde, die Rohre also abwechselnd kalt waren und dann wieder hoch erhitzt wurden. Die Temperaturen der Rohre wurden durch Wärmestaumesser beobachtet, wovon in Abb. 7 links am Ofen drei zu sehen sind. Die beiden oberen haben nach unten gerichtete Zeiger, der Zeiger der untersten, den Wärmestau an der heißesten Stelle der Heizgase anzeigenden Meßgerätes ist nach oben gerichtet. Diese drei Vorrichtungen zeigen die Längenänderung je eines geraden Rohrstückes der beheizten Rohrschlangen an verschiedenen Stellen der Dampfströmung stark vergrößert an, so daß noch Längenänderungen von 0,01 mm ablesbar sind.

Links im Vordergrunde der Abb. 7 steht die als Kolbenpumpe ausgebildete Dampfumlaufpumpe. Sie arbeitet zur Überwindung der Strömungswiderstände nur mit geringen Druckunterschieden am Kolben; die Stopfbüchse an der Pumpenstange muß jedoch gegen mehr als 100 at Druckunterschied bei einer Temperatur von 310 bis 320 ° nach außen abdichten. Die Sonderkonstruktion dieser Stopfbüchse hat sich als durchaus dampfdicht und betriebsicher erwiesen. Triebwerk und Gestell der Pumpe sind behelfsmäßig ausgeführt. Die Ständer sind aus Walzeisen zusammengenietet. Zur Speisepumpe wurde eine vorhandene Handpreßpumpe umgebaut. Die Vorrichtungen haben sich trotz ihrer Einfachheit gut bewährt.

Links im Hintergrunde ruht auf einem Betonsockel der mit Wärmeschutzmasse umhüllte Verdampfer. Auch alle außenliegenden Rohre sowie die Pumpenteile sind sorgfältig mit Glasseide gegen Wärmeabgabe geschützt.

Der Wasserdampf im Verdampfer wird durch zwei nach verschiedenen Grundsätzen und unabhängig voneinander wirkende Flüssigkeitsstand-Anzeiger gemessen. Genaue Messung ist aber hier nicht so wichtig wie bei den von außen beheizten Kesseln. Der Verdampfer besteht aus einem gezogenen Blechrohr mit eingeschrumpften ebenen Deckeln aus Siemens-Martin-Stahl, s. Abb. 6, und ist vom Preß- und Walzwerk Düsseldorf-Reisholz, nach einem neuen Verfahren hergestellt, das die Erzeugungskosten bei Wahrung voller Betriebsicherheit wesentlich herabsetzt.

Temperaturmessungen mit Fernanzeige erfolgen an zahlreichen Stellen der Gas- und Dampfströmung. Die Anlage verkörpert den Grundsatz, den Betrieb möglichst selbsttätig zu gestalten und ihn von einer zentralen, unter Umständen weit vom Betriebsraum angeordneten Schalttafel aus zu leiten. Die im Erprobungsraum aufgestellte Schalttafel, Abb. 8, enthält die erforderlichen Anzeigegeräte zum Messen aller wichtigen Betriebsgrößen. Unten an der Schalttafel sind die Anlasser und Widerstände für die Elektromotoren der Umlauf- und der Speisepumpe angebracht. Die elektrischen Meßvorrichtungen wurden für den neuen Zweck eigens ausgebildet und von der Firma Siemens & Halske, Berlin, hergestellt.

Die Vereinigung der Meßanzeige- und Regelvorrichtungen an einer Stelle ermöglicht die Überwachung des ganzen Betriebes durch einen einzigen Ingenieur, der die Veränderung der Betriebsgrößen fortlaufend auf Millimeterpapier verzeichnet. Auf diese Weise erzielt man auch eine genaue und zuverlässige Beobachtung des ganzen Betriebes und gute Übereinstimmung aller Messungen, so daß der Verlauf der einzelnen Betriebsgrößen ohne nachträgliche willkürliche Berichtigung scharf zum Ausdruck kommt.

In Betrieb gesetzt wird die Anlage mit Dampf von 12 at aus der vorhandenen Kesselanlage. Durch Umpumpen dieses Dampfes wird der Druck nach Abschaltung des Niederdruckdampfes in etwa 1¼ h auf 100 at gebracht. Der erzeugte Hochdruckdampf wird mit rd. 500 ° aus der Dampfleitung zwischen Überhitzer und Verdampfer entnommen und nach Druckminderung auf 12 at in der alten Kesselanlage der Fabrik verbraucht. Von der Aufstellung einer Hochdruckdampfmaschine wurde abgesehen. Die wesentlichen Einzelheiten einer solchen Maschine, wie Kolbentriebwerk, Stopfbüchse, Steuerung sind aber schon in der Umlaufpumpe mit enthalten; die Versuche mit dieser Pumpe

bieten daher eine geeignete Grundlage für die spätere Ausbildung der Hochdruck-Kolbendampfmaschinen.

Die Anlage hat wochenlang täglich etwa 6 bis 9 h in regelrechtem Dauerbetriebe gearbeitet und etwa 300 kg/h Dampf von 100 at und 500° erzeugt. Alle Teile der Anlage haben sich hierbei als durchaus betriebsicher und dampfdicht erwiesen. Die Rohrverbindungen, Armaturen und Meßvorrichtungen haben allen Anforderungen entsprochen; es kann daher mit großer Zuversicht an den Bau neuer Anlagen geschritten werden. Bemerkenswert ist, daß mit dem Entwurf dieser Versuchsanlage erst Anfang Juni 1924 begonnen wurde und die Anlage schon Mitte Dezember 1924 in Betrieb gekommen ist.

Obwohl die Foridsdorfer Versuchsanlage im Betriebe nicht die geringsten Anstände ergeben und die auf sie gesetzten Erwartungen sogar übertroffen hat, ist doch wiederholt das Gerücht verbreitet worden, die Anlage sei „explodiert", und ihre Überhitzungsrohre seien durchgebrannt. Es genügt, diesem frei aus der Luft gegriffenen Gerücht die Tatsachen gegenüberzustellen. Im Anschluß hieran muß auch der von O. H. Hartmann in einer kürzlich erschienenen Schrift „Hochdruckdampf" (Berlin 1925, VDI-Verlag) aufgestellten Behauptung entgegengetreten werden, daß das Verfahren nicht neu, sondern bereits in einer englischen Patentschrift von 1901 beschrieben sei. Diese Behauptung ist unzutreffend.

Wirtschaftliche Bedeutung und Druckgrenzen des Hochdruckdampfbetriebes.

Die Steigerung des Dampfdruckes auf 100 at und mehr muß durchgeführt werden, wenn in der Ausnutzung der Brennstoffwärme ein wesentlicher Schritt vorwärts getan werden soll. Bisher ist bei Dampfanlagen die Brennstoffwärme im Mittel selten zu mehr als 20 vH ausgebeutet worden. Lokomotivbetriebe haben im Durchschnitt sogar kaum 10 vH ausgenutzt. Nur in Dieselmaschinen gelingt es bis zu rd. 35 vH der Brennstoffwärme zu verwerten. Ihre Verwendbarkeit ist aber auf mittlere Leistungen und flüssige Brennstoffe, die teurer sind als Kohle, beschränkt.

Die bisherigen Verbesserungen im Dampfbetrieb erstreckten sich nur auf Einzelheiten, schrittweises Erhöhen der Überhitzung, Vorwärmen des Wassers, Vervollkommnung der Steuerung und andrer Bauteile der Maschinen. Wesentlichen Fortschritt kann man aber nur durch Steigerung des ausnutzbaren Druck- und Temperaturgefälles des Dampfes erzielen. Nach unten hin, in das Gebiet der Luftleere, ist eine nennenswerte Erweiterung des Druckgefälles mit einfachen und sicheren Mitteln nicht mehr möglich. Schon heute macht es Schwierigkeiten, besonders während der heißen Jahreszeit, dauernd Luftleere von etwa 0,05 at zu erhalten. Daher ist eine Erhöhung des Druckgefälles durch Hinaufschieben der Einlaßspannung anzustreben.

In der Praxis liegt häufig die Aufgabe vor, die Leistung einer vorhandenen Dampfanlage von etwa 10 bis 20 at Betriebspannung zu erhöhen, und der Betriebsleiter hat dann zu entscheiden, für welchen Dampfdruck die neue Anlage zu bauen ist.

Die Möglichkeit, die Wärmewirtschaft durch Erhöhung des Dampfdruckes zu verbessern, ist wiederholt von verschiedenen Gesichtspunkten aus untersucht worden. Das Ergebnis solcher Untersuchungen hängt vor allem von den Voraussetzungen der Rechnung ab, die nicht immer den tatsächlichen Verhältnissen entsprochen haben. Zum Beispiel hat man sowohl bei Drücken von 10 bis 30 als auch bei Drücken über 100 at angenommen, daß der Dampf ohne Zwischenüberhitzung vom Anfangsdruck bis zur Kondensatorspannung ausgenutzt werden kann, ohne zu berücksichtigen, daß man bei hohen Drücken weit in das Naßdampfgebiet hineinkommt; oder es wurde bei niedrigen und bei hohen Drücken mit mehrfacher Zwischenüberhitzung gerechnet, die doch bei Drücken unter 50 at nicht einfach und wirtschaftlich auszuführen ist; denn den Niederdruckdampf zur Zwischenüberhitzung in den Kessel zurückzuleiten, ist meist ebenso umständlich und unwirtschaftlich, wie besonders beheizte Zwischenüberhitzer vor der Maschine aufzustellen. Zwischenüberhitzung ist nur bei Anfangsdrücken über 100 at mit überhitztem Frischdampf wirksam und wirtschaftlich durchzuführen. Mit Dampf von 100 at und 480° kann z. B. Niederdruckdampf von 15 bis 20 at unmittelbar an der Maschine mit geringem Aufwand an Heizfläche auf 330 bis 350° überhitzt werden. Zweckmäßig zweigt man den Frischdampf an der Maschine von der Hauptleitung ab, damit er seine Wärme bis zur Kondensation bei Hochdruck abgibt, und drückt dann das Kondensat mittels einer kleinen Pumpe in den Kessel zurück.

Abb. 8. Schalttafel der Versuchsanlage.

Bei Vergleichsrechnungen darf man auch nicht für alle Anfangspannungen Zwischenüberhitzung bei gleichem Zwischendruck voraussetzen, sondern muß, um günstige Wirkung der Zwischenüberhitzung zu erzielen, mit der Anfangspannung auch den Zwischenüberhitzungsdruck steigern. Bei Hochdruckbetrieb kann höhere Anfangstemperatur des Frischdampfes vorausgesetzt werden, weil hohe Überhitzung bei dem dichteren Hochdruckdampf viel sicherer gelingt als bei Niederdruckdampf. Untersuchungen, die für den Hochdruckteil der Dampfmaschinen mit wesentlich schlechterem Wirkungsgrade rechnen als für den Niederdruckteil, berücksichtigen nicht, daß Kolbendampfmaschinen gerade bei hohen Drücken besseren thermodynamischen Wirkungsgrad ergeben als bei niedrigen, und daß in neuerer Zeit auch der Hochdruckteil von Dampfturbinen in der Wärmeausnutzung wesentlich verbessert worden ist. Bei großen Dampfturbinen, bei denen auch im Hochdruckteil mit erheblichen Dampfmengen gearbeitet wird, erhalten die Schaufeln noch gut ausführbare Abmessungen.

Es ist auch ausgesprochen worden, daß es keinen Sinn habe, den Dampfdruck über 20 at zu steigern, weil der Wärmeinhalt von trocken gesättigtem Dampf bei Drücken über 170 at sogar unter dem Wärmeinhalt des bei 0,05 at Spannung zum Kondensator gehenden Dampfes liege. Seine Temperatur beträgt bei Kondensatordruck nur etwa 35°, bei 170 at hingegen 350°. Während somit die Wärme von Dampf bei Kondensatorspannung überhaupt nicht mehr praktisch ausgenutzt werden kann, ist sie im Hochdruckdampf mit Zwischenüberhitzung weitgehend verwertbar.

Beim Vergleich von Dampfanlagen hinsichtlich der Höhe des Dampfdruckes haben die Kosten der Dampfkessel große Bedeutung. Sie sind bei Hochdruckkesseln, die nach der üblichen Bauart ausgeführt werden, so hoch anzusetzen, daß eine wesentliche Steigerung des Dampfdruckes über etwa 35 at nicht mehr wirtschaftlich ist.

Abb. 9. Steigerung der Leistung einer Hochdruckdampfmaschine.

Untere Linienschar: Mehraufwand für Dampferzeugung.
Mittlere Linienschar: Mehrleistung bei Kondensation.
Obere Linienschar: Mehrleistung bei 1 at Gegendruck.

Abb. 10. Innerer Wirkungsgrad einer Dampfanlage mit Kondensation.

In den nachfolgenden Angaben über die Kosten von Hochdruckanlagen sind vor allem Kessel nach dem beschriebenen neuen Verfahren, mehrfach aber auch Hochdruckkessel nach der üblichen Bauart zum Vergleich herangezogen.

Abb. 9 zeigt in Abhängigkeit von der Dampfspannung einer bestehenden Niederdruckanlage für 5 bis etwa 30 at Anfangsdruck, die mit überhitztem Dampf von 400 °C arbeitet, die verhältnismäßige Mehrleistung bei vorgeschalteter Hochdruckanlage von 60 bis 150 at Anfangsspannung für reinen Kraftbetrieb mit Kondensation und für Betrieb mit Gegendruck von 1 at.

Die unterste Linienschar zeigt den Mehraufwand an Wärme für die Erzeugung der Hochdruckspannung

$$\frac{Q_{100} - Q_{15} + Q_z}{Q_{15}} \cdot 100,$$

worin bedeutet:

Q_{100} die Erzeugungswärme von Hochdruckdampf von 100 at und 500 °,

Q_{15} die Erzeugungswärme von Niederdruckdampf von 15 at und 400 °,

Q_z die Wärme für die Zwischenüberhitzung des von 100 auf 15 at entspannten und entsprechend abgekühlten Dampfes der Hochdruckanlage auf 400 ° bei 15 at, 75 vH thermodynamischen Wirkungsgrad der Dampfmaschine vorausgesetzt.

In der darüber liegenden Linienschar sind die Größen $\frac{N_{100}}{N_{15}} \cdot 100$ dargestellt. Darin bedeutet N_{100} die innere Leistung der vorgeschalteten Hochdruckdampfmaschine bei Entspannung von 100 at bei 500 ° auf 15 at, unter Annahme eines thermodynamischen Wirkungsgrades von 75 vH, N_{15} die innere Leistung der Niederdruckmaschine bei Entspannung von 15 at und 400 ° auf Kondensatordruck von 0,1 at. Unter innerer Leistung ist die bei Berücksichtigung aller Verluste, mit Ausnahme der mechanischen, verfügbare Leistung der Maschine, also bei einer Kolbenmaschine die indizierte Kolbenleistung, verstanden.

Die Ordinaten zwischen den beiden Linienscharen innerhalb der schraffierten Fläche stellen somit die Mehrleistung einer vorgeschalteten Hochdruckanlage gegenüber der Niederdruckanlage bei Betrieb mit Kondensation unter Berücksichtigung des Wärmeaufwandes für die Zwischenüberhitzung dar.

In der obersten Linienschar sind die Größen $\frac{N_{100}}{N'_{15}} \cdot 100$ dargestellt; darin bedeutet N_{100} die gleiche Größe wie oben, N'_{15} die Leistung der Niederdruckanlage bei Entspannung von 15 at und 400 ° auf 1 at. Selbstverständlich ist in diesem Falle die Mehrleistung noch wesentlich größer als bei Betrieb mit Kondensation, und sie steigt noch erheblich, wenn der Abdampf bei höherer Spannung zu Heiz-, Koch- oder ähnlichen Zwecken verwendet wird. Schon bei reinen Kraftbetrieben mit Kondensation ergibt sich demnach durch Vorschalten einer Hochdruckanlage eine beträchtliche Mehrleistung, namentlich bei Spannungen über 100 at.

In Abb. 10 ist dargestellt, wie sich die Wärmeausnutzung einer Dampfanlage mit zunehmendem Anfangsdruck verbessert, der innere Wirkungsgrad $\eta_i = \frac{Q_i}{Q} \cdot 100$ also erhöht. Q_i bedeutet die der inneren Leistung der Maschine entsprechende Wärmemenge und Q die Wärmemenge, die im zugeführten Dampf verfügbar ist.

Die gestrichelte Linie entspricht dem Betriebe bei 400 °C Anfangstemperatur ohne Zwischenüberhitzung und die strichpunktierte dem Betriebe bei 400 ° mit Zwischenüberhitzung bei stets gleichem Zwischendruck von 5 at. Die voll ausgezogene Linie gilt für Anfangstemperaturen des Dampfes, die nach der dünn ausgezogenen Linie unten im Diagramm von 300 ° bei 10 at auf 500 ° bei 120 at ansteigen, und für Zwischenüberhitzung bei Drücken, die nach der gestrichelten Linie unten im Diagramm von rd. 3 at bei 20 at Anfangsspannung auf rd. 25 at bei 120 at Anfangsspannung zunehmen. Die Höhe der Zwischenüberhitzungs-Temperatur ist so bemessen, daß der Dampf im Kondensator stets in gleichem Zustand ankommt. Für alle Verhältnisse ist als thermodynamischer Wirkungsgrad 75 vH angenommen.

Dem wirklich anzustrebenden Betriebzustand entsprechen die Annahmen der voll ausgezogenen Linie. Steigt der Anfangsdruck von rd. 15 at auf 35 at, so nimmt der innere Wirkungsgrad von rd. 20,5 auf 25,5 vH zu und erreicht bei weiterer Steigerung des Druckes bis auf 100 at 30 vH. Durch Steigerung der Anfangspannung auf höchste Werte wird somit die Wärmeausnutzung wesentlich verbessert.

In der Darstellung sind die Mehrkosten der Hochdruckanlage gegenüber der vorhandenen Niederdruckanlage nicht berücksichtigt. Da ein Hochdruckkessel für etwa 100 at nach dem neuen Verfahren nicht erheblich mehr kostet als ein Kessel üblicher Bauart für etwa 20 bis 30 at und eine Hochdruckmaschine nach abgegebenen Angeboten im Mittel nur etwa 10 bis 15 vH teurer ist als eine Niederdruckmaschine, so geben die Mehrkosten der Hochdruckanlage nicht mehr den Ausschlag für die Bemessung der Anfangspannung, denn sie werden durch den erreichbaren Wärmegewinn in kurzer Zeit eingebracht.

Selbstverständlich muß beim Hochdruckbetriebe mit allen Verbesserungen gearbeitet werden, die der Hochdruck zuläßt oder erfordert.

Abb. 11. JS-Diagramm eines vorgeschalteten Hochdruckbetriebes mit Zwischenüberhitzung.

Abb. 12. JS-Diagramm einer Hochdruckanlage ohne und mit Zwischenüberhitzung.

Zwischenüberhitzung ist überhaupt erst bei höchsten Drücken wirtschaftlich ausführbar. Nur bei Hochdruck kann man dafür den Frischdampf unmittelbar an der Maschine verwenden, ohne daß der Dampf nach der meist weit von der Maschine entfernten Kesselanlage zurückgeführt werden muß.

Zwischenüberhitzung und Abzapfvorwärmung.

Wie sich die Wärmeausnutzung durch Zwischenüberhitzung bei vorgeschalteter Hochdruckanlage verbessert, zeigt das *JS*-Diagramm, Abb. 11, worin die Wärmewirkung der vorhandenen Niederdruckanlage durch die Linie *BB'* gekennzeichnet ist. In *B* hat der Dampf einen Wärmeinhalt *i*, und in der Niederdruckdampfanlage wird die Wärmemenge *b* mit dem inneren Wirkungsgrade $\eta = \frac{b}{i}$ ausgenutzt. Der Niederdruckanlage ist eine Hochdruckanlage vorgeschaltet, deren Wärmewirkung der Linienzug *AA'* veranschaulicht. Um den Dampf durch Zwischenüberhitzung auf den Anfangzustand der Niederdruckanlage zurückzuführen, braucht man eine Wärmemenge *c*, während von *A* bis *A'* das Wärmegefälle *a* ausgenutzt wird. Durch die Neigung von *AA'* und *BB'* ist der thermodynamische Wirkungsgrad der Maschine, beispielsweise 80 vH, gegenüber der senkrecht verlaufenden adiabatischen Entspannung ausgedrückt. Der Wärmeinhalt des Hochdruckdampfes im Zustand *A* ist $i + a - c$. Der gesamte Wärmeaufwand ist um *c* größer, also gleich $i + a$. Der innere Wirkungsgrad der Gesamtanlage ist dann

$$\eta_1 = \frac{a+b}{a+i}.$$

Die vorgeschaltete Hochdruckanlage nutzt somit, unabhängig von ihrem thermodynamischen Wirkungsgrade, die Mehrwärme für die Erzeugung des Hochdruckdampfes und für die Zwischenüberhitzung theoretisch mit 100 vH aus.

Etwas anders ist der Wert der Zwischenüberhitzung zu beurteilen, wenn es sich nicht um Vorschaltung, sondern um Errichtung einer n e u e n Hochdruckdampfanlage handelt. In Abb. 12 veranschaulicht die Linie *AA"* das Wärmegefälle einer Hochdruckanlage vom Anfangzustand *A* mit dem Wärmeinhalt i_1 bis zum Endzustand *A"*, z. B. bei Kondensatorspannung von 0,05 at, unter der Annahme eines thermodynamischen Wirkungsgrades von 80 vH. Die Wärme wird hierbei mit dem inneren Wirkungsgrade $\eta = \frac{a+b}{i_1}$ ausgenutzt. Der Linienzug *AA'—BB"* entspricht einer Hochdruckanlage mit Zwischenüberhitzung in *A'* auf den Dampfzustand *B* unter Aufwand einer Wärmemenge *c*. Vom Zustand *B* aus erfolgt die Entspannung bis auf Kondensatordruck *B"* beim gleichen thermodynamischen Wirkungsgrade von 80 vH. Die Wärmeausnutzung kennzeichnet der innere Wirkungsgrad $\eta'' = \frac{a+b''}{i_1+c}$.

Hierbei ist nicht berücksichtigt, daß die Zwischenüberhitzung den Zustand des Dampfes so verbessert, daß der thermodynamische Wirkungsgrad des Niederdruckteiles, insbesondere einer Dampfturbine, wesentlich höher wird als bei Betrieb ohne Zwischenüberhitzung. Bei einer Dampfturbinenanlage wird der thermodynamische Wirkungsgrad der nachgeschalteten Niederdruckturbine für je 20° Zwischenüberhitzung um etwa 1 vH verbessert. Diese Verbesserung zeigt der schwächer geneigte Linienzug *BB'* an. Die Wärmeausnutzung einer Maschine mit Zwischenüberhitzung nach dem Linienzug *AA'—BB'* ergibt einen inneren Wirkungsgrad $\eta' = \frac{a+b'}{i+c}$.

Der Wert der Zwischenüberhitzung läßt sich durch einen Wirkungsgrad η_z kennzeichnen, der für jeden Druck bei einer bestimmten Temperatur der Zwischenüberhitzung seinen Höchstwert hat. Bei gleichem thermodynamischen Wirkungsgrade der Niederdruck- und der Hochdruckmaschine, entsprechend der Linie *BB"*, ist $\eta_z'' = \frac{c-d''}{c}$ und

Abb. 13. Wärmediagramm einer Hochdruckturbine mit Zwischenüberhitzung.

Abb. 14. Schema der Abzapfvorwärmung einer Hochdruckturbine.
d_1 bis d_5 Drosselstellen *k* Oberflächenkondensator *t* Turbine *ü* Ueberhitzer *v* Verdampfer.

bei dem durch die Zwischenüberhitzung verbesserten thermodynamischen Wirkungsgrade der Niederdruckstufe nach *BB'*
$\eta_z' = \frac{c - d'}{c}$.

Hierzu ein Zahlenbeispiel: Der Zustand des Dampfes in *A* sei 100 at, 470 °, $i_1 = 786$ kcal/kg, in *A'* 12 at, 225 ° und bei 80 vH thermodynamischen Wirkungsgrad $i_1' = 686$ kcal/kg. In *A"* sei der Zustand des Dampfes 0,05 at, Dampfnässe 87 vH und $i_1'' = 532$ kcal/kg. Hieraus ergeben sich $a = 100$ kcal/kg, $b = 154$ kcal/kg und für den Verlauf $A—A''$ $\eta = \frac{254}{786} \cdot 100 = 32{,}4$ vH.

Der Zustand des Dampfes in *B* sei 12 at, 330 ° bei $i = 742$ kcal/kg, in *B'* 0,05 at bei $i' = 552$ kcal/kg und in *B"* 0,05 at bei $i'' = 563$ kcal/kg. Hieraus ergeben sich $c = 56$ kcal/kg, $b'' = 190$ kcal/kg, $b' = 179$ kcal/kg und $\eta'' = \frac{279}{842} \cdot 100 = 33{,}2$ vH, sowie $\eta' = \frac{290}{842} \cdot 100 = 34{,}4$ vH.

Der Wirkungsgrad der Zwischenüberhitzung ist, wenn $d'' = 35$ kcal/kg angenommen wird, $\eta_z'' = \frac{21}{56} \cdot 100 = 37{,}5$ vH und wegen der Verbesserung des thermodynamischen Wirkungsgrades der Niederdruckmaschine bei $d' = 24$ kcal/kg $\eta_z' = \frac{32}{56} \cdot 100 = 57{,}2$ vH.

Die Verbesserung durch den Betrieb mit Zwischenüberhitzung kennzeichnet die Erhöhung des Wirkungsgrades von 32,4 auf 34,4 vH, also um rd. 5 vH gegenüber Betrieb ohne Zwischenüberhitzung.

Die hierbei maßgebenden Verhältnisse sind auch in Diagrammen nach Art von Abb. 13 zu übersehen, worin als Abszissen der stündliche Dampfverbrauch der Maschine, bezogen auf die innere Leistung, und als Ordinaten die Wärmeinhalte des Dampfes aufgetragen sind. Die Arbeiten oder die ihnen gleichwertigen Wärmemengen erscheinen in diesem Diagramm als Rechteckflächen. Als Anfangsspannung der Turbine sind 100 at bei 470 ° angenommen; weiter

Abb. 15. Wärmediagramm einer Hochdruckturbine mit Speisewasservorwärmung durch Abzapfdampf.

ist vorausgesetzt, daß bis auf Luftleere von 0,05 at abs. gearbeitet wird.

Die gestrichelten Rechtecke zeigen die Verhältnisse beim Betrieb ohne Zwischenüberhitzung. Hierbei verbraucht die Turbine rd. 2,5 kg/PS$_i$h, und bei 80 vH thermodynamischem Wirkungsgrad im Hoch- und Niederdruckteil beträgt der innere Wirkungsgrad der Gesamtanlage als das Verhältnis der Rechteckflächen *ABCD* und *AEFD* 34,2 vH.

Die ausgezogenen Rechtecke gelten für den Betrieb mit Zwischenüberhitzung bei 15 at durch den hochgespannten Frischdampf. Die Turbine verbraucht in diesem Falle nur etwa 2,2 kg/PS$_i$h, aber die Zwischenüberhitzungswärme, die dem Rechteck *HJKL* entspricht, bedingt einen Mehraufwand von rd. 0,2 kg/PS$_i$h an Frischdampf. Beträgt der thermodynamische Wirkungsgrad des Hochdruckteiles bei Entspannung von 100 auf 15 at 80 vH und der des Niederdruckteiles bei Entspannung von 15 auf 0,05 at 85 vH, so ergibt sich ein innerer Wirkungsgrad der Gesamtanlage von 35,9 vH als das Verhältnis der Rechteckflächen *AB'GHJK* und *AEMHJK*. Die Rechteckfläche *RSTU* zeigt, wie sich der Wärmezustand des Niederdruckdampfes durch die Zwischenüberhitzung erhöht. Die Verbesserung der Wärmeausnutzung beträgt rd. 5 vH.

Ein anderes Mittel zur Erhöhung der Wärmeausnutzung ist die Vorwärmung des Speisewassers durch abgezapften Dampf. Die Vorteile dieses seit einiger Zeit vielfach angewendeten Verfahrens werden oft als sehr bedeutend geschildert. Die dabei herrschenden Verhältnisse bedürfen aber noch einer gründlichen Prüfung. Bei den folgenden Überlegungen ist angenommen, das Speisewasser werde überhaupt nicht durch die Abgase des Kessels, sondern nur durch abgezapften Dampf der Maschine bis nahezu auf die Verdampftemperatur vorgewärmt. Das Schema einer solchen Anlage für eine Dampfturbine, die Dampf von 100 at Anfangsspannung auf Kondensatordruck von 0,05 at verarbeitet, ist in Abb. 14 dargestellt.

Aus dem Verdampfer *v* gelangt der Dampf nach Durchströmen des Überhitzers *ü* in die Turbine *t*, welcher der Dampf zum Vorwärmen des Speisewassers in fünf Stufen, bei 60, 32,5, 15, 4 und 0,7 at abgezapft wird. Das Speisewasser wird aus dem Oberflächenkondensator *k* bei 0,05 at Spannung von der Kesselspeisepumpe im Gegenstrom in den Verdampfer *v* gedrückt und auf seinem Weg an den fünf Vorwärmestellen von 32 ° Kondensatortemperatur auf 80 °, 133 °, 190 °, 233 ° und schließlich auf 275 ° gebracht. Die Abzapfvorwämer wirken als Oberflächenkondensatoren, worin der Dampf seine Verdampfwärme an das Speisewasser abgibt und vollständig kondensiert.

Das Kondensat wird aus jedem Vorwärmer über eine Drosselvorrichtung *d* dem Kondensator der nächsten Vorwärmstufe zugeleitet. Durch Abdrosseln auf den niedrigeren Druck und die niedrigere Temperatur des folgenden Vorwärmers wird eine geringe Wärmemenge frei, die in der nächsten Stufe zur Vorwärmung mitverwertet wird. Hinter der letzten Stufe wird das gesamte Kondensat entweder durch die Drosselstelle d_5 in den Kondensator übergeleitet, was einen Wärmeverlust bedeutet, oder bei 0,7 at durch eine Pumpe in den Speisewasserkreislauf und darauf in den Verdampfer *v* zurückgedrückt.

Statt der Drosselstellen d_1 bis d_4 kann man auch kleine Pumpen verwenden, um das Kondensat jeder Stufe unmittelbar in den Verdampfer zurückzuleiten. Das macht aber eine solche Anlage sehr verwickelt, zumal sie mit den Drosselvorrichtungen schon umfangreich und kostspielig genug wird. Im praktischen Betriebe muß man sich jedenfalls mit einer beschränkten Abzapfstufenzahl begnügen.

Die Abzapfstufen und die Temperaturen sind so einzuteilen, daß die Vorwärmer ungefähr gleiche Größe und Wirkung erhalten. Die Berechnung einer solchen Einrichtung im einzelnen anzugeben, würde zu weit führen. Die Ergebnisse der Berechnung bringt das Wärmediagramm, Abb. 15, zum Ausdruck, worin ähnlich wie in Abb. 13 der Dampfverbrauch der Maschine als Abszisse und der Wärmeinhalt bei den entsprechenden Drücken als Ordinate aufgetragen

ist. Die gestrichelten Rechtecke *ABCD* und *AEFD* entsprechen den Wärmeverhältnissen bei Betrieb ohne Abzapfung, wobei als thermodynamischer Wirkungsgrad für das ganze Druckgefälle von 100 auf 0,05 at 80 vH vorausgesetzt sind. Die Wärmeausnutzung kennzeichnet der innere Wirkungsgrad 34,2 vH als das Verhältnis der Rechtecke *ABCD* und *AEFD*, wobei die Turbine ungefähr 2,5 kg/PS$_i$h Dampf verbraucht.

Beim Betriebe mit Abzapfung muß man zur Erzielung der gleichen Leistung mit einer entsprechend größeren Frischdampfmenge im Hochdruckteil zu arbeiten beginnen, und zwar, wie aus dem Diagramm ersichtlich, mit rd. 3⅓ kg/PS$_i$h. Von dieser Dampfmenge wird bei 60 at der dem Rechteck I entsprechende Teil, bei 32,5 at der Teil II usw. zum Vorwärmen des Speisewassers abgezapft. Hierbei stellt die unter dem Rechteck *I* liegende Fläche *abcd* die Wärme dar, die durch Drosseln auf der ersten Vorwärmstufe in die zweite Stufe übergeführt wird.

Bei 15 at wird die durch den Teil III dargestellte Wärme zum Vorwärmen des Speisewassers abgezapft, wobei die Fläche *efgh* die durch Drosseln von III nach IV übergeführte Wärmemenge bedeutet.

Die Breite der Rechtecke *I* und *V* entspricht den zur Vorwärmung nötigen Dampfgewichten. Im ganzen werden hiernach in den 5 Stufen ungefähr 1,5 kg/PS$_i$h verbraucht. Dieser Dampf kann entweder bei 0,7 at auf die Kondensatorspannung von 0,05 at gedrosselt und im Kondensator niedergeschlagen oder durch eine Pumpe in den Verdampfer zurückgedrückt werden. Im ersten Fall ist die Rechteckfläche *GHIK* als Wärmeverlust zu buchen.

Abb. 15 zeigt deutlich, daß bei Abzapfbetrieb im Hochdruckteil der Turbine eine größere Dampfmenge (im vorliegenden Falle rd. 1 kg/PS$_i$h mehr) und im Niederdruckteil eine kleinere Dampfmenge (im vorliegenden Falle rd. ½ kg/PS$_i$h weniger) arbeitet als bei Betrieb ohne Abzapfung. Das ist für Hochdruck-Dampfturbinen vorteilhaft, weil man im Hochdruckteil längere, im Niederdruckteil aber wegen der Verkleinerung der Dampfmenge kürzere Schaufeln ausführen kann.

Der innere Wirkungsgrad mit Abzapfung nach Abb. 15 beträgt bei Annahme von 80 vH thermodynamischem Wirkungsgrade des Hoch- und Niederdruckteiles der Turbine 37,6 vH, was gegenüber dem Betrieb ohne Abzapfung einen Wärmegewinn von 10 vH ergibt. Dieser Gewinn wird aber durch die höheren Anlagekosten der Vorwärmer erkauft; außerdem muß man von der Wärmeersparnis noch die Leistung der erforderlichen Hilfsmaschinen abziehen.

Dieser Wärmegewinn in der Dampfmaschine bedingt die W e g l a s s u n g d e s E k o n o m i s e r s und damit höhere Temperatur der in den Schornstein austretenden Abgase des Kessels. Um dies richtig zu kennzeichnen, sind die den Abzapfstufen I bis V entsprechenden Wärmemengen als liegende Rechtecke gestrichelt übereinander gezeichnet. Während somit beim Vorwärmen des Speisewassers im Rauchgasvorwärmer dem Wasser ungefähr 250 kcal/kg aus den Abgasen zugeführt wurden, bleibt diese Wärmemenge jetzt in den Abgasen, und der Wirkungsgrad des Kessels wird entsprechend schlechter. Die Abgase ziehen, statt mit rd. 200 ° bei Betrieb mit Rauchgasvorwärmer, nunmehr mit 500 bis 600 ° ab.

Die Vorteile aus der Abzapfung gehen daher im Kessel verloren, wenn man beim Abzapfbetriebe die Wärme der Abgase nicht noch in anderer Weise ausnutzen kann. Diese Wärme zum Erzeugen von Niederdruckdampf zu verwenden, hätte keinen Sinn, denn das ergäbe einen Widerspruch: einerseits entnimmt man Dampf von niedriger Spannung, um Speisewasser vorzuwärmen, und anderseits will man neuen Niederdruckdampf mit den Abgasen erzeugen. Das kann in den meisten Fällen nur zu zusätzlichen Verlusten im Dampfbetriebe führen.

Den Kesselwirkungsgrad verbessert man am wirksamsten dadurch, daß man zum Steigern der Verbrennungstemperatur die Verbrennungsluft durch die Abgase vorwärmt. Um aber die Vorteile des Abzapfbetriebes voll ausnutzen zu können, müßte man die Luft auf rd. 400 ° vorwärmen, und dazu wäre ein Lufterhitzer nötig, der bei dem schlechten Wärmeaustausch zwischen Abgasen und Luft etwa die 3- bis 5fache Heizfläche des ganzen Kessels erhielte!

Davon abgesehen, kann so stark vorgewärmte Luft praktisch kaum zur Erhöhung der Feuertemperatur nutzbar gemacht werden. Bei Rostfeuerungen, insbesondere bei Wanderrosten, würden Betriebschwierigkeiten eintreten, weil bei 1600 bis 1800 ° im Feuerraum die Roststäbe in kurzer Zeit verbrennen würden. Aber auch bei Kohlenstaubfeuerung, die, ähnlich wie die Öl- und Gasfeuerung, eine weitgehende Regelung des Feuers durch Veränderung der eingeblasenen Brennstoffmenge gestattet, würden erhebliche Schwierigkeiten nicht ausbleiben.

Kohlenstaubfeuerung ergibt schon wegen der besseren Mischung von Brennstoff und Luft und der nahezu vollkommenen Verbrennung der Kohle höhere Flammentemperaturen als Rostfeuerung, im Mittel 1400 bis 1500 °. Schon diese Temperaturen hält die Schamotteauskleidung des Feuerraumes auf die Dauer nur aus, wenn man sie künstlich kühlt. Bisher wurde hierzu die Verbrennungsluft verwendet, die in Kanälen der Schamottewände Wärme aufnahm. Wird aber die Luft durch die Abgase stark vorgewärmt, so kann sie die Schamottewände nicht mehr ausreichend kühlen. Bei Verbrennungstemperaturen von 1800 bis 2000 ° werden somit besondere Einrichtungen zum Kühlen der Schamottewände notwendig, die Wärmeverluste bedingen und den Betrieb umständlicher machen.

Wirksam hilft hier ein verhältnismäßig einfaches Mittel: Abgase von niedriger Temperatur werden hinter dem Luftvorwärmer durch einen Ventilator abgesaugt und den Verbrennungsgasen des Feuerraumes so beigemischt, daß die Wände vor dem Einfluß der heißen Feuergase geschützt werden und an die Kesselheizfläche nur Gase von verhältnismäßig niedriger Temperatur gelangen. Die Verbrennung kann trotzdem bei günstigstem Luftüberschuß vor sich gehen. Kessel mit solchen Feuerungen, mit Abzapfvorwärmung des Speisewassers, Luftvorwärmung und Beimischung von Abgasen sind im Bau begriffen.

In Abb. 16 sind die Verhältnisse eines Dampfturbinenbetriebes bei 100 at Anfangspannung und 470 °, 0,05 at Kondensatordruck, Abzapfvorwärmung des Speisewassers und Zwischenüberhitzung unter gleichen Voraussetzungen wie in Abb. 13 und 15 dargestellt. Hierbei ergibt sich ein Gesamtgewinn von rd. 14 vH gegenüber dem Betrieb ohne Abzapfung und ohne Zwischenüberhitzung. Es ist begreiflich, daß sich bei gleichzeitiger Anwendung von Zwischenüberhitzung und Abzapfung die Dampfmengen im Hoch- und Niederdruckteil der Turbine und auch die Abzapfmengen etwas anders verteilen als beim Betrieb ohne Zwischenüberhitzung gemäß Abb. 15.

Bei Anwendung von Abzapfvorwärmung, Luftvorwärmung, Beimischung von Abgasen im Feuerraum und Zwischenüberhitzung werden Hochdruckdampfanlagen für 100 at und mehr auch bei reinem Kraftbetriebe mit Kondensation bessere Wärmeausnutzung ergeben als Dieselmaschinenanlagen.

Abb. 16. Wärmediagramm einer Hochdruckturbine mit Zwischenüberhitzung und Abzapfvorwärmung.

Bau, Betrieb und Verwendbarkeit von Hochdruckdampfanlagen.

Für den Bau und Betrieb von Hochdruckdampfanlagen ist die Materialfrage sowie die Ausbildung der Rohrleitungen, Armaturen und Meßvorrichtungen besonders wichtig.

Um Drücken von 100 at und mehr standzuhalten, sind einzelne Bauteile der Dampferzeuger und Maschinen aus dem vollen Stahlblock herauszuarbeiten; doch genügt dazu bei dem neuen Dampferzeugungsverfahren gewöhnlicher Stahl von 30 bis 60 kg/mm² Festigkeit an der Bruch- und 15 bis 35 kg/mm² an der Streckgrenze bei normaler Temperatur.

Bei etwa 320° im Verdampfer und 500° im Überhitzer erhalten die Wände der Überhitzerrohre eine Temperatur von höchstens 550°, wobei Siemens-Martin-Stahl an der Grenze bleibender Dehnung im Mittel eine Festigkeit von 10 kg/mm² hat. Die Beanspruchungen bleiben daher bei mäßigen Wandstärken der Rohre in durchaus zulässigen Grenzen. Legierter Stahl kostet nicht nur viel mehr als gewöhnlicher Stahl, sondern ist auch für Rohrschlangen nicht brauchbar, weil er sich schlecht schweißen läßt.

Die Schweißung von Hochdruckrohren erfordert sorgfältigste Arbeit und vorzügliche Schulung der Arbeiter. Die Verbindung von Rohren durch Schrauben ist möglichst einzuschränken, da jede solche Verbindung die Isolierung unterbricht und Anlaß zu Undichtheiten bieten kann.

Besondere Ausführung verlangen auch die Absperrorgane, wenn sie bei den hohen Drücken und Temperaturen dauernd dampfdicht und betriebfähig bleiben sollen. Sehr vorteilhaft ist es, daß Rohrleitungen und Armaturen für hohen Druck selbst bei Dampfanlagen von großer Leistung kleinen Durchgangsquerschnitt erhalten können, weil beträchtlicher Druckabfall ohne großen Schaden zulässig ist. Es macht für die Wärmeausnutzung keinen wesentlichen Unterschied, ob der Kessel Dampf von 110 oder 120 at Druck zu erzeugen hat, und ob etwa 10 at Druckverlust in den Leitungen entsteht. Bei einer Anfangsspannung von 30 at wäre ein solcher Druckverlust selbstverständlich unzulässig. Damit wird auch die Isolierung bei hohem Druck wirksamer und billiger.

Genaue Messung der Temperaturen und Drücke der Anlage ist für den sicheren Betrieb von größter Bedeutung. Meßvorrichtungen müssen deshalb bei Hochdruckdampfbetrieben in wesentlich größerer Zahl als bei Niederdruckbetrieben vorhanden sein. Die Kosten der Meßgeräte spielen namentlich bei großen Anlagen gar keine Rolle im Vergleich zu dem Nutzen, den die Überwachung bringt, zumal solche Meßvorrichtungen ermöglichen, den Betrieb von Hochdruckdampfanlagen selbsttätig zu führen und an Aufsichtspersonal zu sparen. Man wird in der Zukunft Dampfanlagen schaffen, die ohne unmittelbare Wartung aus der Ferne überwacht und geregelt werden können.

In kleineren und mittleren Betrieben läßt sich Hochdruckdampf vorteilhaft durch Kolbendampfmaschinen ausnutzen, die für Leistungen bis zu etwa 5000 kW bestehenden Niederdruckanlagen vorgeschaltet werden. Für die großen Leistungen elektrischer Kraftwerke und von Schiffsbetrieben kommt naturgemäß nur die Turbine in Betracht, deren Ausführung auch für Drücke über 100 at und bis zu 500° keine wesentlichen Schwierigkeiten bereitet.

Die Vorteile des Hochdruckdampfes treten, wie erwähnt, besonders bei der Verbindung des Kraft- und Heizbetriebes hervor. Sehr wirtschaftlich gestaltet sich z. B. die Kraft- und Wärmeversorgung großer Städte, wenn von Blockwerken aus in einem Umkreise von wenigen Kilometern elektrische Energie und Heizdampf in die Wohnhäuser und an Gewerbebetriebe verteilt wird. Es wird dann elektrische Energie durch Entspannung des Dampfes von etwa 100 bis 120 at auf 10 bis 15 at erzeugt und der Abdampf nach entsprechender Zwischenüberhitzung als Heizmittel in gut isolierten Rohrleitungen zu Koch- und Heizzwecken sowie zum Betriebe von Dampfmaschinen verteilt. Hierdurch ist eine Wirtschaftlichkeit derartiger Kraftanlagen erzielbar, die durch keine bisherige Art der Energieumformung erreicht werden kann.

Auch in großen mit Kondensation des Dampfes arbeitenden reinen Kraftwerken muß in Zukunft höchster Druck verwendet werden, wenn ausreichende Wirtschaftlichkeit erzielt werden soll. Es ist m. E. nicht vorteilhaft, Großkraftwerke für Drücke von 30 bis 40 at herzustellen, deren Kosten bei Verwendung von Kesseln und Dampfmaschinen üblicher Bauart erheblich höher sind als die von Anlagen für etwa 15 at. Besser wäre es, die Neuanlagen zunächst für die bisherigen Dampfdrücke zu bauen und die Betriebserfahrungen an Hochdruckanlagen abzuwarten, die jetzt bereits für Drücke von 50 bis 120 at errichtet werden. Denn die Ersparnisse, die man beim Betriebe mit etwa 35 at in der kurzen Zeit bis zur Entwicklung betriebsbrauchbarer Hochdruckanlagen erzielen kann, sind gegenüber den höheren Anlagekosten kaum wesentlich, zumal in einer Zeit, wo das Kapital für Neuanlagen knapp und die Verzinsung hoch ist.

Besonders aussichtsreich ist die Verwendung von Hochdruckdampf von 100 und mehr Atmosphären im Lokomotivbetriebe. Der Lokomotivbetrieb, dessen Entwicklung heute ungefähr hundert Jahre alt ist, hat in dieser Zeit merkwürdigerweise keine großen Wandlungen erfahren. Nicht nur, daß der Aufbau der Lokomotive mit der eigenartigen Feuerbüchskonstruktion durch Jahrzehnte hindurch nahezu unverändert geblieben ist, auch wärmewirtschaftlich sind nur unwesentliche Verbesserungen erzielt worden durch die Überhitzung des Dampfes, die Vorwärmung des Speisewassers, die Verfeinerung der Steuerung und Regelung. Alle diese Verbesserungen haben es nicht vermocht, die Wärmeausnutzung im Lokomotivbetriebe über durchschnittlich etwa 10 vH der Kohlenwärme zu steigern.

Erst in der letzten Zeit versucht man, durch Erhöhung des ausnutzbaren Wärmegefälles wirksamere Verbesserungen herbeizuführen. Man hat zunächst das Gefälle nach unten hin erweitert durch Hinzufügung der Kondensation unter gleichzeitiger Einführung der Turbine in den Lokomotivbetrieb. Die Kondensation bedingt aber eine derartige Verwicklung des Betriebes und eine solche Erhöhung des Dienstgewichtes und der Kosten, daß dadurch der erzielbare Wärmegewinn von 20 bis 25 vH zum großen Teil aufgewogen wird.

Hier liegen die Verhältnisse ganz ähnlich wie bei der Diesellokomotive, die trotz ihrer sehr hohen Wärmeausnutzung nur in Ausnahmefällen, in Gegenden, wo es an Wasser fehlt, oder wo flüssiger Brennstoff billig zu haben ist, den Wettbewerb mit der viel billigeren Dampflokomotive aufnehmen kann.

Die Wirtschaftlichkeit der Lokomotiven kann durch Hochdruckdampfbetrieb wesentlich verbessert werden. Sehr einfach ist dies zu erreichen, wenn sie wie bisher mit Kolbendampfmaschinen und den bewährten Regel- und Umsteuervorrichtungen versehen und mit Auspuff betrieben werden. Bei einem Dampfdruck von 100 bis 120 at, 450 und 500° und Zwischenüberhitzung vor der Niederdruckmaschine läßt sich eine Verbesserung von etwa 100 vH gegenüber der heutigen Wärmeausnutzung erzielen. Das neue Verfahren zur Hochdruckdampferzeugung ermöglicht es, Lokomotiven zu bauen, die bei gleicher Zugleistung kein wesentlich größeres Dienstgewicht haben und nicht erheblich mehr kosten als Niederdrucklokomotiven, so daß sich bei gleichem Fahrbereich die Kohlen- und Wassermenge auf die Hälfte vermindert oder bei gleichem Wasser- und Kohlenvorrat der Fahrbereich verdoppelt.

Eine Schnellzuglokomotive von 2000 PS Leistung bei 100 km/h Geschwindigkeit für 100 bis 120 at und 450 bis 500°, mit Kolbendampfmaschinen für dreifache Expansion und Kohlenrostfeuerung, wird von der Wiener Lokomotiv-Fabrik in Wien-Floridsdorf nach dem neuen Verfahren gebaut.

Diese Fabrik baut auch ihr eigenes Kraftwerk von etwa 1000 kW Leistung, das heute mit 12 at Dampfspannung arbeitet, auf Hochdruckbetrieb mit 100 bis 120 at bei 450 bis 500° um und stellt dafür stehende Kolbendampfmaschinen auf. Den Abdampf von 12 at will die Fabrik teilweise zum Betriebe der Dampfhämmer und Pressen, im Winter auch zur Heizung benutzen.

Eine weit größere Anlage wird für die gleichen Dampfbetriebverhältnisse vom Eisenwerk Witkowitz für

das Kraftwerk der Witkowitzer Steinkohlengruben gebaut. Die zugehörige Dampfturbine von 18 000 kW ist bei der Ersten Brünner Maschinen-Fabriks-Gesellschaft bestellt. Die Hochdruck-Dampferzeuger werden vom Eisenwerk Witkowitz gebaut und mit Kohlenstaubfeuerung, Luftvorwärmung, Beimischung von Abgasen, Zwischenüberhitzung und Abzapfung zur Speisewasservorwärmung ausgerüstet. Die Maschinenfabrik gewährleistet einen Höchstdampfverbrauch von rd. 3,4 kg/kWh, ohne Berücksichtigung der Zwischenüberhitzung.

Der Raumbedarf der neuen Kessel wird dadurch gekennzeichnet, daß bei der Witkowitzer Anlage auf dem Platze, den heute ein Niederdruckkessel für 15 at und etwa 2000 kW beansprucht, ein Hochdruckkessel für 5000 bis 6000 kW mit allen zugehörigen Hilfseinrichtungen untergebracht wird, obwohl die neuen Kessel Kohlenstaubfeuerung mit ihren großen Feuerräumen erhalten, während die vorhandenen Niederdruckkessel Wanderrostfeuerung haben. Der neue Hochdruckdampferzeuger ergibt, auf die Einheit der Heizfläche berechnet, ungefähr gleiches Dampfgewicht wie die Kessel bisheriger Bauart, weil hochgespannter Dampf, auch wenn er überhitzt ist, die Wärme vorzüglich leitet.

Es ist nicht richtig, Hochdruckkessel durch die „Heizfläche" zu kennzeichnen. Unter Heizfläche versteht man in der Regel die reine Verdampffläche, die bei Hochdruckkesseln unter Umständen kleiner ist als die Überhitzer- und Vorwärmer-Heizfläche. Daher sollten Hochdruckkessel entweder nach dem Gewichte des erzeugbaren Dampfes oder nach der Leistung gewertet werden, die aus dem Dampfe zu erzielen ist.

Im Schiffsbetrieb erreicht man durch den Hochdruckdampf ähnliche Vorteile wie bei Lokomotiven. Durch das neue Dampferzeugungsverfahren wird es möglich, Kessel und Maschinen in einem Raum unterzubringen und, Öl- oder Kohlenstaubfeuerung vorausgesetzt, ihren Betrieb von entfernter Stelle, etwa der Kommandobrücke, aus zu leiten.

Auch Kraftfahrzeuge, namentlich Traktoren und Lastkraftwagen, sind mit Hochdruckdampf technisch und wirtschaftlich vorteilhaft zu betreiben. Zur Kesselheizung lassen sich schwerste, minderwertige Öle verwenden, ja sogar Kohlenstaub, der fast ebenso einfach gelagert und gefördert werden kann wie Öl. Geschwindigkeitsänderung wie Umsteuerung des Fahrzeuges sind ohne Zwischengetriebe unmittelbar durch die Maschine ausführbar.

Der Entwicklung der Hochdruckdampftechnik stehen keine unüberwindlichen Schwierigkeiten entgegen. Die hohen Drücke und Temperaturen können auf Grund der vorhandenen Erfahrungen sicher beherrscht werden. Ich halte es deshalb nicht für richtig, heute Riesenkraftwerke für mittlere Spannungen zu bauen. Damit wird der technisch möglichen besten Ausnutzung der Brennstoffenergie der Weg auf Jahre hinaus versperrt. Das ängstliche Bestreben, den Dampfdruck nur allmählich zu steigern, läßt sich nicht damit rechtfertigen, daß man sagt: „man muß schrittweise vorgehen", „die Natur macht keine Sprünge", „die Verantwortung ist zu groß". Im Gegenteil, eine Technik, die sich ihrer Verantwortung bewußt ist, soll alle Möglichkeiten der Verbesserung prüfen, und wenn sie zu der Überzeugung gelangt, daß die Mittel zur betriebssicheren Verwirklichung ausreichen, den Sprung vorwärts nicht scheuen. Hydraulische und Druckluftanlagen, die mit mehreren hundert Atmosphären arbeiten, sind schon seit langem in ordnungsmäßigem Betrieb, und in Verbrennungsmaschinen werden neben hohen Drücken auch sehr hohe Temperaturen im Dauerbetriebe sicher beherrscht. Warum sollen hohe Drücke und im Verhältnis zu den Verbrennungsmaschinen mäßige Temperaturen im Dampfbetriebe nicht ebenfalls sicher bewältigt werden können? Die Bau- und Betriebsmittel, die hierzu erforderlich sind, stehen der heutigen Technik zu Gebote; sie brauchen nur richtig angewendet zu werden, um sicheren Hochdruckdampfbetrieb zu ermöglichen und damit die höchste Stufe der Wirtschaftlichkeit zu erreichen. [B 790]

200 Jahre Lauchhammerwerk.

Den Anlaß zur Gründung des Werkes Lauchhammer gab die Entdeckung reicher Eisenerzvorkommen (Raseneisenstein) in der Umgebung des damaligen Gutes Mückenberg an der Elster. Es ist das Verdienst der damaligen Besitzerin des Gutes, der Freifrau von Löwendahl, das Vorhandensein der für den Aufbau eines großen industriellen Unternehmens günstigen Vorbedingungen richtig erkannt und die vorhandenen Möglichkeiten in die Tat umgesetzt zu haben. Bei der Umschau nach den verschiedenen Produktionsmitteln ergab sich zwanglos der Gedanke, das Erz unter Verwendung der aus den reichen Wäldern gewonnenen Holzkohle in Hochöfen zu verhütten und gleichzeitig einen Eisenhammer zur Verarbeitung des gefrischten Eisens zu betreiben. Die Antriebleistung sollten die vorhandenen Wasserkräfte liefern.

Auf diesen Grundlagen konnte man im Laufe von zwei Jahrhunderten ein einflußreiches Unternehmen aufbauen.

Am 17. Juli 1725 hatte König August der Starke seine landesherrliche Genehmigung zur Anlage eines Werkes erteilt. Aber schon vorher hatte man fleißig gebaut; denn bereits am 25. August 1725 konnte der Hochofen das erste flüssige Eisen abgeben. Dieser Tag wird als Gründungstag des Werkes angesehen. Infolge seines hohen Phosphorgehaltes war das Eisen so dünnflüssig, daß man es ohne weiteres zum Ausguß in Lehmformen, Röhren und zur Herstellung von Kaminplatten, Töpfen, Kesseln, Röhren usw. benutzen konnte. Eine große Ausdehnung hat der Betrieb, solange Lauchhammer Eigentum der Freifrau von Löwendahl war, nicht angenommen. Erst unter dem späteren Besitzer, dem Grafen Carl von Einsiedel, wurden große Fortschritte erzielt.

Carl von Einsiedel, eine echte Unternehmernatur, stellte mit Erfolg die Neuerungen der damaligen Technik in den Dienst des Werkes. Er änderte das bis dahin in Deutschland gebräuchliche Hochofenprofil, machte 1796 als erster in Deutschland Versuche mit dem Puddelverfahren, stellte 1802 die erste Dampfmaschine im Werk auf, gründete eine Emaillierwerkstatt und begann die Herstellung von Kunstgegenständen aus Eisenguß. Der Lauchhammer Bildguß wird bis auf den heutigen Tag sehr geschätzt, und viele bedeutende Kunstwerke, auch aus Bronze, entstammen diesen Werkstätten.

Auf den einmal geschaffenen Grundlagen aufbauend, konnte man das Werk immer mehr erweitern. In dem etwa 40 km von Lauchhammer entfernten Gröditz legte man 1779 ein Zweigwerk an mit Frischhütte und Stabhammer, und 1790 kaufte man das bereits seit 200 Jahren bestehende Eisenwerk Burghammer an der Spree. Mehrere andre Erwerbungen und neue Gründungen folgten. Hier sei nur noch der Erwerb des 1843 gegründeten Eisenwerkes Riesa an der Elbe erwähnt, das 1849 in den Ring der Lauchhammerwerke aufgenommen und bald das Stammwerk wurde. Um die drei großen Stammwerke Lauchhammer, Gröditz und Riesa gruppierten sich bald weitere Werke. 1922 wurden sechs Werke als zu dem 1872 in eine Aktiengesellschaft umgewandelten Lauchhammerring gehörig bezeichnet. 12 000 Arbeiter und Angestellte wurden damals insgesamt von der Aktiengesellschaft beschäftigt.

Im Jahre 1922 gab die Aktiengesellschaft Lauchhammer ihre eigentliche Selbständigkeit auf. Aus der bloßen Interessengemeinschaft, die schon vorher mit den Linke-Hofmann-Werken bestanden hatte, wurde jetzt eine festere Verbindung. Beide Gesellschaften wurden verschmolzen. Die Vereinigung gewährleistete den Linke-Hofmann-Werken einen günstigeren Bezug der Halberzeugnisse unter Ausschaltung des Zwischenhändlers und den Lauchhammerwerken einen ständigen Abnehmer unter Vermeidung von besonderen Verkaufs- und Werbekosten.

Die hier behandelten Unternehmungen haben gerade in letzter Zeit immer weitere Kreise gezogen, so daß sich eigentlich kaum eine feste Grenze für sie finden läßt. Durch Konzernbildung sind diese Betriebe mit den einflußreichsten deutschen Werken in Interessengemeinschaften irgendwelcher Art verbunden. Über ganz Deutschland dehnen sich jetzt die Unternehmungen, die ihren Ausgangspunkt und ihre Stütze in Lauchhammer haben, aus. [N 840] Dr. Gs.

Das Dampfkesselwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Von Friedrich Münzinger, Berlin.

Aussprache über den Vortrag in der Fachsitzung „Dampfkesselwesen" der 64. Hauptversammlung zu Augsburg am 10. Mai 1925.

(Schluß von S. 1093.)

Hr. Block: Die Besprechung des Vortrages zeigt zwei widersprechende Meinungen zwischen den Herstellern und Verwendern der Dampfkessel. Stellen sich Risse und Mängel am Dampfkessel ein, so schiebt der Hersteller die Ursache auf die Betriebsführung, auf das Speisewasser u. dgl., dagegen der Besitzer auf schlechten Baustoff. Auf diese Weise ist aber die Aufgabe nicht zu lösen und vor allen Dingen keine Klärung der Ursachen und kein Vermeiden künftiger Schäden zu erlangen. Einige Außerungen erwecken den Eindruck, als sei alles in bester Ordnung, als träten keine unerwarteten Schwierigkeiten auf, und als sei es deshalb nicht notwendig, den Hinweisen von Dr. Münzinger besondre Beachtung zu schenken. Ich möchte davor warnen, sich durch solche Ausführungen einschläfern zu lassen. Es gibt hier ungeklärte Fragen, die besonders in dem zu schaffenden Ausschuß behandelt werden müßten.

Ohne Zweifel sind viele Fälle von Rißbildungen auf ungenügende Kühlung verschiedener Baustoffteile zurückzuführen. Diese Ursachen und Wirkungen sind beim heutigen Stande der Technik vorauszusehen und auch später zu erkennen. Wo durch Baustoffanhäufung Schwierigkeiten beim Wärmeübergang bestehen, darf man Gefügestörungen durch Wärmestau und Überhitzung des Baustoffes erwarten, mit allen bekannten Nachteilen, die damit zusammenhängen. Es geht aber nicht an, alle Risse in Dampfkesseln hierauf zurückführen zu wollen; denn es bestehen auch andre Möglichkeiten hierfür, die in der chemischen Industrie an den Apparaten für bestimmte Laugen und Lösungen bekannt sind.

Diese Wirkungen haben die Amerikaner als „kaustische" Sprödigkeit bezeichnet. Dies ist zwar nicht treffend, worauf noch später eingegangen werden soll; aber die Sache mußte erst vom Auslande kommen, um auch hier die Beachtung zu finden, die sie verlangt. Bei uns herrscht eben große Eigenbrödelei, so daß der eine vom andern kaum etwas erfährt. Auch in der neuen Kommission kommt nur Einseitiges zu Tage, wenn darin nur Kesselerzeuger und Kesselverwender beraten. Dabei wird nur ein Ausgleich geschaffen, der beiden Teilen den Rücken decken soll.

Es ist dringend notwendig, die Ursachen der erwähnten Sprödigkeit zu erkennen; Versuche sollten angestellt werden, die gestatten, diese Sprödigkeit beliebig und willkürlich hervorzurufen, so daß sie auch im Dampfkessel vermieden werden kann. Die Versuche, die Hr. Quack vorführte, sind zwar wertvoll und lehrreich, aber für die hier vorkommende Frage nicht voll beweiskräftig. Wenn die Schelle nach 12 Stunden keine Risse zeigte, so war der Versuch nicht unter den Verhältnissen ausgeführt, die sonst die Sprödigkeit hervorrufen. Gerade diese bestätigen, zu welchen Schwierigkeiten in dieser Beziehung die „Geheimniskrämerei" führt. Man kann unmöglich auf Grund dieser Versuche bestreiten, daß Eisen bei Behandlung mit Lauge unter gewissen Umständen spröde wird, wie in chemischen Kreisen bekannt ist. Die von Hrn. Quack vorgeführten Abbildungen beweisen teilweise, daß Lauge Risse hervorruft, aber hochkonzentrierte Lauge Eisen auch unmittelbar angreift, auflöst. Um dies handelt es sich hier nicht. Diese Anfressungen sind beim Befahren der Apparate oder des Kessels deutlich sichtbar, so daß keine Zweifel darüber herrschen können, in welchem Maße dadurch die Festigkeit abnimmt. Ganz anders liegen aber die Verhältnisse, wenn sich die „Eisensprödigkeit" einstellt, die man meistens durch den Augenschein nicht erkennt.

In Betrieben, die Natronlauge eindampfen, ist allgemein bekannt, daß bei gewissen Dichten der Lauge Schmiedeisen spröde werden kann. Die Heizrohre bekommen Risse, die Bauwände werden morsch, Nietköpfe reißen ab. Im allgemeinen glaubt man, daß man Natronlauge bis auf etwa 30 vH in schmiedeisernen Kesseln ohne Nachteil eindampfen kann, daß aber stärkere Laugen bis zu 50 vH gußeiserne Kocher bedingen. Auffallend ist, daß man früher, als es noch Puddelschweißeisen gab, diese Schwierigkeiten nicht kannte. Die Empfindlichkeit muß also zum Teil mit dem Aufbau des Flußeisens zusammenhängen.

Obering. H. Voß[1]) berichtete z. B., er habe beim Eindampfen von Natronlauge keine chemische Veränderung des Baustoffes feststellen können, trotzdem sich dessen Zerstörung in ganz eigentümlicher Weise bemerkbar macht. Es wird rissig, wie wenn man einen heißen Lampenzylinder mit kaltem Wasser bespritzt. Die Risse verlaufen durchaus regellos, und sie beginnen dort, wo der Baustoff bei der Bearbeitung auf Druck beansprucht wurde. Die Erscheinung tritt nur im Laugenraum auf.

Hr. Voß schreibt mir, er sei noch heute der gleichen Ansicht und habe auch später die gleichen Erfahrungen gemacht. Die Risse, die beim Eindampfen von alkalischen und elektrolytischen Laugen entstehen, seien nicht auf Überbeanspruchung, sondern auf eine molekulare Umlagerung des Baustoffes zurückzuführen; denn sonst könnten diese Risse nicht im Mantel des Vakuumverdampfers nur dort auftreten, wohin die Lauge reicht oder wo die Wand bespült wird, während der Mantel des Dampfraumes bei dem Verdampfer mit senkrechten Heizrohren, der aus demselben Baustoff gefertigt war, von Rissen verschont bleibe. Man könne auch nicht behaupten, daß die Mäntel von Verdampfern (mechanisch) überbeansprucht werden. Tatsache ist aber, daß gutes Ausglühen des Baustoffes die Rißbildung vermindert oder praktisch verhindert, und daß ferner die Risse im gestauchten Baustoff beginnen und sich dann nach der gezogenen Seite fortsetzen.

Bei spiralförmig gewundenen Schlangen träten die Risse ebenfalls immer auf der gedrückten Seite, nie auf der gezogenen Seite der Spirale auf, bei neuen Rohren schon manchmal nach wenigen Tagen, ohne daß irgendwelche Ursachen zu erkennen waren. Es handelte sich um 2½"-Siederohre, die auf 1250 mm Halbmesser gebogen waren. Die Rohre wurden ausgeglüht, und damit war die Rißbildung behoben.

Ing. I. Koenigsberg, Direktor der Chemischen Fabrik Teterow, schreibt unter dem 25. Mai 1925:

„In meiner langjährigen Praxis bei Verdampfung von Ätzkalilaugen habe ich die Erfahrung gemacht, daß sogar bei offenen Gefäßen bzw. viereckigen Wannen aus Schmiedeisen, die angerundeten Kanten und besonders in den vier Bodenecken, also im vollen nur gebogenen Blech, nach verhältnismäßig kurzer Betriebsdauer Risse erhielten, so daß diese sogenannten Vorwärmewannen leck wurden. Diese Wannen waren geheizt durch die Abwärme der sogenannten Schmelzkessel, d. h. gußeisernen, halbkugelförmigen Gefäßen, in welchen die Ätznatron- oder Alkalilauge bis zur vollständigen Wasserfreiheit eingedampft wurde. In den Vorwärmewannen befand sich Lauge von ungefähr 35 bis 40 vH Ätzkaligehalt. Es mußte darauf verzichtet werden, schmiedeiserne Wannen für diesen Zweck zu verwenden. Untersuchungen in Anstalten (Reichsanstalt) haben keine Bemängelungen der verwendeten Bleche nachweisen können.

Ich bitte Sie, diese Tatsache Herrn Münzinger zur Kenntnis zu bringen in der Annahme, daß es ihn interessieren wird und eventuell für seine entsprechenden Studien dienstlich sein kann. Ich möchte noch beifügen, daß bei Vakuum-Verdampfapparaten die ganz dicken gußeisernen Rohrböden, in welche schmiedeiserne Rohre von etwa 100 mm l. W. eingewalzt werden, des öfteren Risse von Rohrbohrung bis Rohrbohrung erhielten, was nur bei Verdampfung von Ätzkalilauge bekannt ist."

Hier sei auch auf die Rißbildung von Stahlgranaten unter Einwirkung innerer Spannungen hingewiesen, über die Albert Portevin berichtet (Rev. de Métallurgie, 22, S. 179, Paris). Granaten mit einer Mischung von HCN, $SnCl_2$, $AsCl_3$ und Chlf. gefüllt, zeigten nach 4 bis 5 Monaten Risse, die radial von innen nach außen gingen. Die Ursache sind Angriffe der Flüssigkeiten, die innere Spannungen auslösen.

Bei einem gußeisernen Vakuumverdampfer wurden gewöhnliche Maschinenkopfschrauben von 25 mm Dmr. in der äußeren Flanschverbindung plötzlich spröde und rissen, ohne daß äußerlich ein Angriff erkennbar war. Dabei rissen nur die Schrauben im unteren Teil des Kochers, die beim Abstellen der Luftleere infolge von Undichtheiten mit Ammonitratlauge betropft wurden. Die gleichen Schrauben hielten an Stellen, die von Tropflauge nicht berührt wurden.

Die gerissenen Schrauben waren spröde und konnten mit dem Messer geschnitten werden. Einige von ihnen wurden 1913 dem staatlichen Materialprüfungsamt zur Verfügung gestellt. Dieses lehnte aber die Prüfung der Schrauben ohne Gebührenvorschuß ab, und die an der Angelegenheit beteiligten Stellen legten wenig Wert auf die Erkenntnis der Ursachen dieser Erscheinung. Augenscheinlich bedeutet das Reißen dieser Schrauben das Auslösen von Reckspannungen; die stark angezogenen Schrauben rissen, als durch die Wirkung der Lauge eine Umlagerung im Gefüge des Schraubenbolzens eintrat.

Eigenartige Risse habe ich auch an autogen geschweißten, schmiedeisernen Verdampfern beobachtet, worin Ammonitratlauge bei höchstens 80 °C und etwa 0,5 at Heizdampfspannung bis auf rd. 70 vH eingedickt wurde. Dabei traten regellose Risse, aber nicht in der Schweißnaht selbst, sondern in etwa 50 bis 100 mm Abstand davon, auf. Dies ist die Zone, wo sich das Eisen beim Schweißen nur bis zur sogenannten Blauwärme erhitzt und nach dem Erkalten der Schweißnaht bedeutende Reckspannungen zu-

[1]) S. Chemiker-Zeitung 1907, S. 496.

rückbleiben können. Diese müssen durch die eigenartige Wirkung der Lauge ausgelöst worden sein.

In seinem Bericht über die Verarbeitung des Ammoniaks auf Düngesalze[1]) sagt Dr. Bosch: „Die größten Schwierigkeiten bietet die Eindampfung der Ammonitratlösungen. Es zeigt nämlich das Schmiedeisen, das von einer schwach ammoniakalischen Lösung von Ammonitrat chemisch nicht angegriffen wird, den Lösungen dieses Salzes gegenüber ein bisher rätselhaftes Verhalten. In heißen, konzentrierten Lösungen von Ammonitrat wird Schmiedeisen in allerkürzester Zeit, in Tagen, ja Stunden, in eine spröde Modifikation verwandelt, so daß an schmiedeisernen Verdampfern die Nietenköpfe abspringen, sogar ganze Stücke herausfallen. Die Rohrschlangen zerspringen und werden so spröde, daß sie mit einem Hammer wie Glas zerschlagen werden können.

Ähnliche Erfahrungen hat man früher bereits mit Natronlauge und Natriumnitritlösungen gemacht, aber hier dauert es Wochen und Jahre, ehe diese Erscheinungen eintreten. Schmiedeisen hält hier bei niedrigerer Temperatur im Vakuumverdampfer jahrelang. Es ist auch bereits bekannt gewesen, daß Eisen, das kalt gehämmert oder gebogen wurde, ganz besonders leicht in die spröde Form umgewandelt wird. Es ist uns aber bis heute nicht gelungen, den Grund dieses Verhaltens aufzuklären, da alle darauf gerichteten Versuche bisher ohne Ergebnis blieben. Man ist gezwungen, Ammonitratlösungen in gußeisernen Apparaten einzudampfen. Aber auch diese liefern nur unter ganz besonderen Bedingungen tadelloses weißes Salz."

Auf Grund dieser Erfahrungen vermeidet man deshalb im Apparatebau Reckspannungen. Man glüht z. B. die Rohrenden der Heizrohre sorgfältig aus; aber es ist dann falsch, diese heißen Rohre einfach auf einen Haufen zu werfen, weil dann die einseitige Abkühlung von vornherein zur Bildung von Reckspannungen Anlaß geben. Dazu kommt das Einwalzen der Rohre, das von einigen Seiten überhaupt als Ursache der Zerstörung von Heizrohren angesehen wird. Dies kann aber nicht richtig sein. Denn die gleichen Verdampfer, die in der chemischen Technik unter Rißbildung leiden, zeigen z. B. beim Eindampfen von Zucker, Leimlösungen, Boraxlaugen u. dgl. niemals Risse.

Prof. B. Neumann und E. Zöllner[2]) führen das häufige Reißen der Rohre in den Vakuumverdampfern beim Eindampfen von Natron- und Aluminatlauge weder auf chemische Angriffe noch auf übermäßige mechanische Beanspruchung, sondern darauf zurück, daß an den Einwalzstellen durch das Aufwalzen eine Kaltreckung des Materials stattfindet, die durch unsachgemäßes Walzen noch verstärkt werden kann. Nach einiger Zeit steigert sich wegen der in den Kochern herrschenden Temperaturen die Sprödigkeit an diesen Stellen so weit, daß Blaubruch erfolgt. Das Reißen sei also auf Blaubruch zurückzuführen.

Es erscheint mir aber nicht richtig, die Art der Bearbeitung, also das Einwalzen, als einzige Ursache der Rißbildung zu betrachten. Sonst müßte diese z. B. auch in den Verdampfern der Zuckerfabriken auftreten. Die Anlage zum Blaubruch, zur „kaustischen" Sprödigkeit, oder wie man sie sonst bezeichnen mag, muß also schon im Baustoff seit seiner Herstellung und Bearbeitung schlummern. Die Wirkung wird aber erst durch Zusatzkräfte ausgelöst, die bei Berührung mit bestimmten Laugen auftreten.

Deshalb müßte auch z. B. Hr. Quack die gebogene Schelle mit Laschennietung verbinden oder die Nietstelle kräftig stemmen, um Reckspannungen zu erzeugen und um Verbindungen zur Verfügung zu haben, die erfahrungsgemäß unter Rißbildungen leiden.

Daß die Rißbildungen nur an Nietverbindungen auftreten, ist nach dem Vorgesagten nicht richtig. Man muß sie auch an kurz gekümpelten Böden, an Mannlochausschnitten, an eigenartig geformten Rohrplatten u. dgl., an den Einwalzstellen der Wasserröhren der Heizkessel erwarten. Nach den Erfahrungen im Apparatebau kann man die Neigung zum Rissigwerden durch Ausglühen beseitigen. Man muß also entweder Bauformen verwenden, in denen Reckspannungen nicht schlummern, oder aus denen man sie durch nachträgliches Ausglühen entfernen kann.

Der Ausdruck „kaustische" Sprödigkeit ist nicht richtig, weil die Sprödigkeit nicht nur in kaustischen Laugen (z. B. Natronlauge), sondern auch in neutralen Laugen, Ammonitrat, auftritt. Vielleicht sind besondere Eigenschaften der Laugen die Ursachen. Rein gefühlsmäßig könnte man unter Berücksichtigung der Erfahrungen an Kochern für die verschiedensten Zwecke an Einfluß von Wasserstoff denken. Die sogenannte Wasserstoffsprödigkeit des Eisens wird vielfach anerkannt, aber meines Wissens fehlt bisher der Nachweis des Wasserstoffs im Eisen selbst. Man müßte aber Untersuchungsverfahren finden können, um nachzuweisen, ob wirklich Wasserstoff diese eigenartige Sprödigkeit verursacht.

Vielleicht entfernen sich die unter Spannung gesetzten Moleküle des Eisens weiter voneinander, so daß in den Zwischenraum Wasserstoff eindringen kann und wie ein „Holzkeil" im Laufe der Zeit die Eisenteile immer mehr auseinander treibt, bis zum Schluß ein mürbes, brüchiges Eisen entsteht, das den auftretenden Zugspannungen nicht mehr widerstehen kann. Es kann sich hier schließlich auch um eine gewisse Löslichkeit des Wasserstoffes im Eisen oder seinen Beimengungen handeln, die bei Temperaturschwankungen und Änderung der Reckspannungen Umlagerungen der Gefügeteile bewirken.

Nach meinen Feststellungen tritt die Sprödigkeit nur bei Laugen auf, wo durch katalytische, hydrolitische oder elektrolytische Wirkung Wasserstoff frei werden kann. Man muß bedenken, daß die kleinen, in der Flüssigkeit entstehenden Wasserstoffbläschen unter bedeutendem Drucke stehen, da sie die Oberflächenspannung des Wassers überwinden müssen. Der Druck, der in einem Gasbläschen von molekularem Durchmesser herrscht, beträgt nach Ostwald (Lehrb. d. allgem. Chem. II, 2, 585) 15 000 at. Die Entstehung des Wasserstoffes unmittelbar am Eisen scheint von besonderer Bedeutung zu sein. Der Druck allein hat geringen Einfluß, denn Wasserstoff-Flaschen halten 200 at aus. Bei Temperaturen von 500 bis 600 ° diffundiert aber Wasserstoff durch Eisen. Etwas niedrigere Temperaturen, die bei Hochdruckdampfkesseln vorkommen, werden also eine gewisse Gefahrzone bilden.

Dabei kann die Temperatur allein die Auslösung der Reckspannungen nicht sehr begünstigen; denn Teerblasen werden besonders bei Ölheizung mit etwa 300 ° betrieben, ohne daß Heizschlangen u. dgl. spröder werden. Bei Zuckereindampfern kann keine Sprödigkeit auftreten, weil das Zuckermolekül zu groß ist, um zwischen die Atome des Eisens einzudringen. Leim ist ein Kolloid, dessen Einzelteile ebenfalls zu groß sind. Wasserstoff kann dabei nicht frei werden, weil sich Leim elektrolytisch nicht zersetzt.

Auch beim Eindampfen von Soda (Na_2CO_3) entsteht keine Sprödigkeit des Eisens. Gibt man aber zu Soda Ätzkalk zu, so entsteht Natronlauge (NaOH) und diese ruft Rißbildung hervor. Es scheint deshalb eigenartig, daß man auf diese Weise Kesselspeisewasser reinigt. Wohl erreicht man dadurch das Ausfällen von Gips, aber unter Umständen ist der damit zusammenhängende Verlust an Wärmeübertragung wirtschaftlich nicht so schädlich wie die Wirkung der Natronlauge auf das Eisen. Schon ein geringer Alkaliüberschuß im Speisewasser führt in kurzer Zeit zu einer starken Anreicherung, wenn z. B. bei Hochleistungskesseln der Inhalt in 1 h verdampft ist. Die Sättigung der Lauge ist also in der zweiten Stunde verdoppelt, nach 20 h schon verzehnfacht. Dabei können örtlich Laugenanreicherungen stattfinden, die schließlich Risse hervorrufen.

Wenn die Amerikaner die Wirkung der Lauge vermeiden, indem sie 2 vH Schwefelsäure zusetzen, so scheint dies eine „Pferdekur" für den Dampfkessel, die größte Bedenken auslöst. Besonders für Hochdruckkessel mit höheren Temperaturen, Drücken und Dampfleistungen ist die chemische Reinigung gefährlich. Das Richtigste dürfte sein, Destillierverdampfer zu verwenden und die Kessel mit destilliertem Wasser zu speisen.

Eingewalzte Rohre zu verwenden, um die Nietung der Kammerhälse bei Sektionalkesseln zu vermeiden, scheint mir nicht richtig zu sein, denn unter gewissen Umständen werden auch dabei Reckspannungen ausgelöst und Brüche verursacht. Auffallend ist, daß die an und für sich vorzügliche Beobachtung der Amerikaner scheinbar an den Heizrohren der Wasserröhrenkessel vorbeigeht. Man hat sich wohl damit beruhigt, daß es sich bei den Rohren nur um Durchbrenner handelt, während sicher auch solche Zerstörungen durch Wasserstoffsprödigkeit erzeugt sein können. Beweis hierfür ist der Fall, wo keine Rohrbrüche mehr auftraten, seitdem mit destilliertem Wasser gespeist wurde. Immerhin wird auch destilliertes Wasser nicht allein helfen, weil es leider lösend und zerfressend auf Eisen wirkt, wie man häufig beim Speisen mit ganz reinem Kondensat beobachtet hat. An manchen Stellen hat man sich durch Zusatz von Öl geholfen. Man wird also eine gewisse Unreinheit des Wassers in Kauf nehmen müssen, aber diese muß sehr gering bleiben

Wir wissen noch nicht, welche Ursachen die Reckspannungen in so schädlicher Weise auslösen, müssen also Bauformen wählen, die unzulässige Reckspannungen verhindern. Dies ist bei Höchstdruckkesseln wichtig. Biegen, Hämmern, Nieten, Stemmen, Löcherstanzen, autogenes Aufschweißen von Warzen, Anpassen von Halsstutzen u. dgl. muß man vermeiden, wenn man den betreffenden Bauteil nicht nachher ganz ausglühen kann. Es hat z. B. keinen Zweck, nur die autogene Schweißnaht auszuglühen, denn am Ende der Glühteile entstehen wieder zwei Zonen von Blauwärme, die Reckspannungen hervorrufen. Die Bauart muß so gewählt werden, daß sie statisch in einfacher Weise berechnet werden kann. Zylinder und Kugelform sind das Richtige. Alle statisch unbestimmbaren Stellen, auch scheinbar nebensächliche, müssen vermieden werden. Nietnähte kann man nicht ausglühen, muß sie also vermeiden. Auch im Betrieb sollen neue Reckspannungen nicht auftreten können.

Als Grundsätze für die Herstellung von Höchstdruckkesseln könnte man ansehen:

[1]) XXIV Hauptvers. d. Deutsch. Bunsen-Gesellschaft f. angew physikal. Chemie, Z. f. Elektrochemie u. angew. physik. Chemie, 1. Dezember 1918.

[2]) „Über die Ursachen des Reißens der Rohre in Vakuumverdampfapparaten", Ztrbl. f. Elektrochemie, Bd. 31 (1923) S. 24.

1. Reckspannungen vermeiden,
2. Reckspannungen durch Ausglühen beseitigen,
3. die Entstehung neuer Reckspannungen im Betriebe verhindern,
4. einfache statisch bestimmte, klare Bauweise,
5. Laugen, die Wasserstoff abgeben, im Speisewasser vermeiden.

Hr. O. H. Hartmann, Cassel [1]): Im großen ganzen kann ich auf Grund meiner eigenen Beobachtungen die Richtigkeit der Münzingerschen Angaben bestätigen, doch möchte ich bei dieser Gelegenheit darauf hinweisen, daß manchmal gegenüber den Nachrichten aus Amerika gewisse Vorsicht geboten ist.

Es war zu erwarten, daß die Mitteilungen über den Einfluß des Speisewassers auf Nietlochrisse nicht ohne Widerspruch bleiben würden, denn es ist noch nicht ausreichend geklärt, ob die amerikanische Theorie zutrifft. Sicher haben die Nietlochrisse in Deutschland nicht immer die gleiche Ursache, sondern dabei sprechen mitunter mehrere Einflüsse mit, z. B. Wärmespannungen und Überanspruchungen des Baustoffs beim Nieten und Verstemmen und manchmal vielleicht auch chemische oder elektrolytische Einflüsse des Speisewassers.

Für die weitere Entwicklung des Dampfkesselbaues ist es nicht so entscheidend, schon jetzt mit Sicherheit die Ursache dieser schädlichen Erscheinungen aufzuklären; es genügt, daß man schon heute mit den vorhandenen Mitteln Kessel selbst für höchste Betriebsdrücke betriebsicher bauen kann, ohne von dem üblichen Wege der Dampferzeugung abzugehen. Man braucht nämlich die Kesseltrommeln nur als nietlose, aus einem Stück geschmiedete oder mit Wassergas geschweißte Trommeln auszuführen und sie der Einwirkung der Feuergase zu entziehen, dann braucht man keine Wiederholung der bisherigen ungünstigen Erfahrungen zu befürchten.

Daß die führenden Kraftwerkerbauer in Amerika für reine Kraftwerke zur Zeit etwa 40 at als praktisch höchsten zulässigen Betriebsdruck ansehen, und in dieser Frage die Auffassungen in Deutschland und in Amerika übereinstimmen, kann ich aus meinen Unterhaltungen mit hervorragenden amerikanischen Fachleuten und aus der einschlägigen Literatur nicht bestätigen. Gerade so wenig wie bei uns, ist hierin eine einheitliche Auffassung feststellbar. Wie hoch man bei einer reinen Krafterzeugung mit dem Betriebsdruck gehen soll, hängt davon ab, wie weit man sich mit der Anfangsüberhitzung zu gehen getraut und ob man Zwischenüberhitzung in den Kauf nehmen will. Will man vorhandene Kraftwerke auf Hochdruckdampf umstellen, so wendet man am besten Vorschaltmaschinen an. Diese erfordern aber von vornherein wesentlich höhere Dampfdrücke als 40 at. Daß man dies auch in Amerika erkannt hat, geht aus den Unterlagen über die in Bau befindliche Versuchsanlage für das Weymouth-Kraftwerk hervor; denn dort hat man einen Dampfdruck von 84 at gewählt.

Nach Ansicht einiger führender amerikanischer Dampfturbinenkonstrukteure soll man durch Zwischenüberhitzung höchstens 5 vH vom Wärmeverbrauch ersparen. Nach meinen Untersuchungen an Schmidtschen Kolbenmaschinen spart man jedoch durch Zwischenüberhitzung bei Höchstdruckdampf 10 vH und bei Dampfturbinen ähnlich viel, wenn man die Zwischenüberhitzung ausreichend hoch wählt. Versuche hierüber liegen leider noch nicht vor, so daß man auf rechnerische Untersuchungen angewiesen ist. In der amerikanischen Höchstdruckanlage Weymouth sollen Frischdampf und Zwischendampf auf 370° überhitzt werden. Das ist viel zu wenig, denn schon bei 3 bis 4 at tritt der expandierende Dampf ins Sättigungsgebiet über, so daß die unteren Stufen stark wasserhaltigen Dampf erhalten. Der Zwischendampf müßte also bei diesem Druck nochmals überhitzt werden, was sich sehr leicht durch gesättigten Frischdampf ausführen ließe, womit man neben der Maschine stehende Zwischenüberhitzer heizt.

Dr. Münzinger (als Schlußwort eingesandt): Bevor ich zu den hauptsächlichsten Einwänden Stellung nehme, möchte ich nochmals darauf hinweisen, daß ich unter Angabe der benutzten Quellen lediglich entweder von anerkannten Fachleuten oder in Veröffentlichungen angesehener Vereinigungen oder amtlicher Stellen mitgeteilte Nietnahtrisse anführte, um nur zuverlässige Angaben zu erlangen und ihre Nachprüfung zu ermöglichen.

Parr, Williams und Homerberg erkennt auch Hr. Quack als ernste Fachleute an. Die Berichte des Prime Movers Committee gibt die National Electric Light Association heraus. Sie stehen wegen der Fülle der in ihnen mitgeteilten Erfahrungen und der schnellen, gründlichen Berichterstattung über die letzte Entwicklung im Kraftmaschinenwesen in ihrer Art unerreicht da. Die Mitglieder der Fachausschüsse dieser Vereinigung genießen zum Teil internationalen Ruf.

Der Bericht von H. J. Kerr wurde dem Boiler Code-Ausschuß der American Society of Mechanical Engineers erstattet. Die Naval Experiment Station ist eine staatliche Einrichtung.

Die Namen der von mir besuchten Elektrizitätswerke sind aus der Karte meiner Reise (Abb. 1 S. 653) leicht zu ermitteln, sie gehören zu den größten und modernsten Amerikas, ihre Erbauer zu den angesehensten Ingenieuren der Welt. Ich nehme nicht an, daß Hr. Quack wird behaupten wollen, daß diesen Stellen Sorgfal, Sachkenntnis oder Erfahrung fehlen, oder daß sie einseitigen Bestrebungen der Kessel- oder Blechhersteller Vorschub leisten.

Hr. Quack stellt meinen Angaben insgesamt sechs Fälle gegenüber, darunter eine Explosion vom Jahre 1919, die unberechtigterweise dem „caustic embrittlement" zugeschrieben wurde. Er sagt aber nicht, wer diese Behauptung aufgestellt hat, man kann daher auch nicht beurteilen, ob ein ernst zu nehmender Fachmann oder einer der Allzuvielen, die es auch in Amerika auf diesem Gebiete gibt. Hr. Quack führt als zweiten Fall eine Äußerung von Rosenhain und Hanson an; bei seinem dritten: „1921 wurde in einer Sitzung der Faraday' Society gesagt", erwähnt er nicht, daß diese Äußerung gleichfalls von Rosenhain stammt.

Das Kernstück des Hrn. Quack beginnt mit den Worten: „In einem andern amerikanischen Aufsatze heißt es usw.", und schließt folgendermaßen: „Deshalb ist der Gebrauch der Ausdrücke corrosion cracking oder caustic embrittlement nicht gerechtfertigt und sollte vermieden werden, sonst wird die Aufmerksamkeit von der eigentlichen zugrunde liegenden Ursache der Risse abgelenkt und falsche Vorstellungen bilden sich von den im Innern des Materials wirkenden Vorgängen." Hr. Quack unterstreicht noch diese Ausführungen: „diese ergänzenden Mitteilungen über die Ansichten der Amerikaner glaubte ich machen zu müssen, damit . . . . das Schlagwort Natronlauge nicht auch in Deutschland Verwirrung anrichtet und dadurch die Betriebsicherheit schädigt . . . . .". Er hält sie also für so wichtig, daß er bereits die Betriebsicherheit deutscher Kesselanlagen für gefährdet ansieht, wenn sich jemand, veranlaßt durch amerikanische Ansichten über die Gefährlichkeit gewisser alkalischer Wässer, nicht länger darauf verlassen will, daß nur Material- und Herstellungsfehler Nietnahtrisse verursachen.

Man sollte meinen, daß eine Äußerung, der Hr. Quack so entscheidende Bedeutung beimißt, von einer Stelle stamme, die infolge ihres wissenschaftlichen Rufes und ihrer geschäftlichen Unabhängigkeit besondre Autorität beanspruchen darf. Dieser „andre" amerikanische Aufsatz, dessen Verfasser oder Herkunft Hr. Quack nicht angibt, ist aber eine von einer Wasserreinigungsfirma herausgegebene Druckschrift vom Jahre 1924, bei deren Verfahren Soda eine hervorragende Rolle spielt, die daher schwerlich gleichgültig dagegen sein kann, ob die Kesselbesitzer starken Sodaüberschuß als schädlich für die Bleche ansehen oder nicht. Von den sechs von Hrn. Quack angeführten Zitaten sind insgesamt vier dieser Druckschrift entnommen.

Ich habe geschrieben, mit Ausnahme einer hätten alle von mir befragten Stellen, Kesselhersteller, beratende Ingenieure und Betriebsleiter gewisse alkalische Speisewässer für einen der Hauptgründe der Risse gehalten. Hr. Quack sagt, nach seinen Nachrichten sähen „die weitaus meisten amerikanischen Fachgenossen die Ursache vor allem in zu niedrigem Kohlenstoffgehalt der Kesselbleche oder in Verunreinigungen des Eisens usw."

Später, in Punkt 2 seiner Zusammenfassung, meint Hr. Quack freilich, die zahllosen Nietlochrisse in amerikanischen Kesseln fänden in der unsachgemäßen Behandlung des Materiales in den Kesselschmieden ihre Erklärung. Sieht man indes von diesem Widerspruch ab, so bleibt die Frage offen, welche Unterlagen Hr. Quack seine Nachrichten nennt. Wie außerordentlich schwierig eine solche Feststellung ist, zeigt schon die Überlegung, in welche Verlegenheit ein mit deutschen Verhältnissen aufs Beste vertrauter Ingenieur käme, wenn er ermitteln sollte, welche Ansicht über diese umstrittene Frage in dem viel kleineren Deutschland die „weitaus meisten" Fachgenossen haben. Die sechs Fälle, die Hr. Quack mitteilt, dürften jedenfalls kaum zur Begründung dafür ausreichen, daß tatsächlich die „weitaus meisten" amerikanischen Fachgenossen die von Hrn. Quack angegebene Meinung teilen.

Hr. Quack meint, Illinois-Wasser komme in Deutschland nicht vor, ähnliche Risse wie in Amerika seien daher bei uns nicht zu befürchten. Hrn. Quack scheinen die von mir angeführten Fälle entgangen zu sein, wo nicht Illinois-Wasser, sondern lediglich durch Soda und Natronlauge verunreinigtes Zusatzwasser schwere Schäden hervorgerufen hat. Auch der Fachausschuß der National Electric Light Association hat erklärt, ihm seien keine Nietnahtrisse bekannt geworden, wo das Wasser nicht Natriumkarbonat oder Natronlauge, sonst aber nur wenig Beimengungen enthalten habe.

Wo habe ich behauptet: „vor allen Dingen soll man aber nicht glauben, daß das Blech keine Risse mehr bekäme, wenn die Kesselschmieden es mit Vorschlaghämmern bei Blauwärme formen oder die Pressen mit 20 t/cm² nieten würden?", oder welchen Nutzen verspricht sich Hr. Quack von der Anführung derartiger Selbstverständlichkeiten?

Hr. Quack meint, daß eine sehr erfahrene amerikanische Firma die Nietnaht lediglich auf der Innenseite verstemme, könne nichts nützen, „denn das Verstemmen ist wieder ein Quetschen des Materiales und kann das Eindringen von Kesselwasser zwischen zusammengenietete Bleche kaum verhindern". Dieser Art des Ver-

[1]) Eingesandt.

stemmens wird aber (ob mit Recht oder Unrecht, bleibe dahingestellt) die Wirkung zugeschrieben, daß bei Undichtheiten immer neues Wasser nachdringen und dadurch örtliche Anreicherung von Natronlauge zwischen den Blechen verhindern kann.

Von der empirisch gefundenen Regel, wonach das Verhältnis $\frac{\text{äquivalentes Natriumsulfat}}{\text{Natriumkarbonat}}$ je nach dem Dampfdruck nicht unter einen gewissen Wert sinken soll, scheint Hr. Quack nichts zu halten. Die Benutzung dieser Regel empfehlen aber sogar die „Vorschriften über die Behandlung von Dampfkesseln", welche die American Society of Mechanical Engineers zurzeit als Ergänzung des amerikanischen Boiler Code herausgibt. Auch dies spricht wenig für die Behauptung des Hrn. Quack, die „weitaus überwiegende" Mehrzahl aller amerikanischen Ingenieure glaube nicht an „corrosion cracking".

Hr. Quack meint, in deutschen Kesseln komme eine so hohe Konzentration von Ätznatron, daß sie gutem Kesselblech gefährlich werden könne, nicht vor. In den Mitteilungen des Prime Movers Committee über Kesselrisse in Elektrizitätswerken vom Jahr 1921 wird aber, wie in meinem Bericht steht, hervorgehoben, Natronlauge finde sich zwar nicht im freien Wasserraum von Kesseln in einer für unverletzte Bleche gefährlichen Höhe, wohl aber aus den bereits angegebenen Gründen in den Nietverbindungen. Der Einwurf von Hrn. Quack könnte daher nur dann Beweiskraft haben, wenn er gezeigt hätte, daß die amerikanische Erklärung für die Anreicherung des Wassers zwischen aufeinander genieteten Blechen, die zwar nach außen zu dicht, nach dem Wasserraum des Kessels zu aber undicht sind, unmöglich oder wenigstens unwahrscheinlich ist.

Vielleicht bringt die weitere Untersuchung des folgenden Falles aus der neuesten Zeit Klärung: In einer großen deutschen Kesselanlage mit sehr schlechtem Rohwasser, deren Dampf fast ganz in der Fabrikation verbraucht wird und daher für die Speisung nicht verfügbar ist, waren neue Kessel aufgestellt worden. Sachverständige des Bestellers hatten die Bleche im Walzwerk auf Grund der neuesten Erkenntnisse abgenommen und die Herstellung der Kessel dauernd aufs peinlichste überwacht. Ihre Nietung war mit niedrigem Druck erfolgt, alle Garantien für Baustoffe und Herstellung waren somit gegeben Aber auch diese Kessel zeigten nach einiger Betriebszeit Nietnahtrisse. Beim Aufschneiden der Trommeln fand man den Spalt zwischen den zusammengenieteten Mantelblechkanten völlig mit einer weißen, festen Masse zugesetzt, obgleich die Längsnaht außen und innen durch vierreihig genietete, dicht verstemmte Laschen verbunden war. Trotz aller Sorgfalt waren also erhebliche Mengen von Kesselwasser zwischen die Bleche gelangt und hatten dort den Niederschlag erzeugt.

Hr. Quack sagt: „Die zahllosen Nietlochrisse in amerikanischen Kesseln finden in der vielfach unsachgemäßen Behandlung des Materials in den Kesselschmieden genügende Erklärung." Ich habe aber auch Risse erwähnt, wo selbst nach dem Urteil des Käufers der schadhaft gewordene Kessel tadellos hergestellt war, sowie einen Fall, wo von zwei Kesseln mit aufeinander folgenden Fabriknummern, die später beide unter gleichen Bedingungen betrieben wurden, nur derjenige Risse zeigte, bei welchem ein Kesselsteinmittel aus Soda und Natronlauge in großer Menge zugesetzt worden war.

Nach Hrn. Baumann ist „insbesondere eine gewisse Konzentration erforderlich, und dann treten die Risse nur dort auf, wo das Material durch Kaltbearbeitung gelitten hat". Selbst wenn letztere Voraussetzung zuträfe, wäre dies m. E. ausreichender Grund, der Speisewasserbeschaffenheit größte Beachtung zu schenken und die amerikanischen Erfahrungen sorgsam zu verwerten. Denn man sollte tunlichst alle Gefahrenmöglichkeiten ausscheiden, und eine solche ist, wie auch Hr. Baumann, wenigstens in der von ihm erwähnten Verbindung, anzunehmen scheint, laugenhaltiges Wasser. Denn selbst bei sorgsamster Herstellung läßt sich nicht vermeiden, daß auch einmal ein Kessel mit kleinen Mängeln die Werkstätte verläßt, ohne daß der Käufer weiß, ob nicht er zufällig diesen erhält.

Wie stellen sich die Hern. Quack und Baumann zu den Mitteilungen von Hartmann, der gleichfalls schädliche Einwirkungen zu alkalischen Wassers bei Schiffskesseln festgestellt hat, oder zu denen von Block, der m. W. weder Hersteller noch Verkäufer von Dampfkesseln ist und dessen für die Richtigkeit der amerikanischen Feststellungen sprechende Erfahrungen aus einem ganz anderen Gebiete der Technik stammen.

Ich habe nicht behauptet, in Deutschland seien die Risse nur in einigen Bezirken aufgetreten, sondern sie seien in einigen Bezirken besonders häufig aufgetreten und hätten in einem Werke Kessel der verschiedensten Firmen und Herstellungsperioden betroffen.

Bei zwei amerikanischen Elektrizitätswerken auf beiden Ufern eines Flusses, wovon nur eines unter Nietnahtrissen zu leiden hatte, habe ich ausdrücklich erwähnt, einige Gewährsleute hätten bestritten, daß die Kessel sorgfältig hergestellt wären.

Ich habe wiederholt mit aller Deutlichkeit gesagt:

1. in Amerika seien wie bei uns zahlreiche Risse lediglich durch Herstellungs- oder Baustoffehler verursacht worden, und habe während meines Vortrages solche an mehreren Lichtbildern vorgeführt,
2. auf Grund der amerikanischen Beobachtungen müsse damit gerechnet werden, daß sich bei manchen Kesseln mit kleinen Mängeln wahrscheinlich keine Nietnahtrisse eingestellt hätten, wenn sie nicht mit zu alkalischem Wasser gespeist worden wären,
3. die Amerikaner seien selbst noch nicht sicher, ob die Gründe, denen sie die mit „caustic embrittlement" gekennzeichnete Erscheinung zuschreiben, die wirkliche Ursache sind.

Ich kann durchaus verstehen, wenn man die Erklärung der Amerikaner als nicht beweiskräftig ansieht und, wie z. B. Hartmann und Block, eine andere versucht. Ich verstehe aber nicht, daß man die Möglichkeit der schädlichen Einwirkung solcher Wässer nur deshalb bestreitet, weil es noch keine ganz befriedigende Erklärung dafür gibt, und behauptet, alle Risse würden nur durch Mängel von Baustoff und Herstellung verursacht, obgleich angesehene und erfahrene Fachleute, die Besitzer und nicht Hersteller jener Kessel sind, bezeugen, daß die Risse auch an einwandfreien Kesseln auftraten, wenn sie mit solchen Wassern gespeist wurden, und nach Übergang zu anderm Speisewasser oder zu entsprechender Behandlung des Speisewassers aufhörten oder nicht wieder vorkamen.

Auch in dieser Hinsicht ist die amerikanische Denkweise kennzeichnend; in einem Bericht, den C. W. Obert Anfang Juni d. J. auf der Hauptversammlung der American Boiler Manufacturers Association, also einer ähnlichen Vereinigung der Kesselhersteller wie der deutsche Wasserrohrkesselverband, über „caustic embrittlement" erstattet hat, sagte er, seit vielen Jahren verursache diese Erscheinung große Unruhe. Die einen meinen, gewisse Wasser verursachen eine eigentümliche Sprödigkeit des Eisens, die andern aber führen die Risse lediglich auf schlechtes Material oder mangelhafte Baustoffe zurück. Aber auch die Anhänger der letzteren Auffassung raten, darauf zu achten, daß das erwähnte Verhältnis zwischen Natriumsulfat und Natriumkarbonat eingehalten werde, in der Hoffnung, daß es von Nutzen sei und zur Vermeidung solcher Risse mitbeitrage.

Trotz der für die amerikanische Auffassung sprechenden Erfahrungen von Hartmann und Block behaupte ich auch heute noch nicht, daß Blechrisse stets vom Wasser herrühren oder die für „caustic embrittlement" versuchte Erklärung zutreffend sei. Auch für mich ist außer allem Zweifel, daß ungeeignete Herstellung oder schlechte Baustoffe schuld an sehr vielen Nietnahtrissen sind.

Es würde mir freilich kaum schwer fallen, zur Stützung der amerikanischen Theorie weitere Unterlagen beizubringen, und wahrscheinlich trifft ähnliches auch für die Anhänger des entgegengesetzten Standpunktes zu. Hierbei käme aber schwerlich etwas Nützliches heraus Der grundsätzliche Unterschied in unsern Auffassungen scheint mir sogar nicht einmal so sehr der zu sein, welchen Ursachen man die Nietlochrisse in erster Linie zuschreibt als vielmehr, ob man lediglich deshalb von zahlreichen amerikanischen Fachgenossen benutzte Maßnahmen unbeachtet lassen und die von ihnen vertretenen Ansichten a priori als Irrtum ablehnen soll, weil eine plausible Erklärung zu fehlen scheint.

Ich kann Hrn. Block nur beistimmen, wenn er sagt, eine Klärung sei nicht zu erhoffen, wenn sich die verschiedenen Seiten die Schuld gegenseitig zuschieben und wenn er empfiehlt, in den Fachausschuß über Speisewasserfragen auch solche Persönlichkeiten aufzunehmen, die nicht aus den Kreisen der Kesselhersteller oder -verwender stammen, aber gediegene Erfahrungen auf verwandten Gebieten haben.

Den grundsätzlichen Meinungsunterschied, wie er heute zutage trat, kann ich vielleicht dadurch am besten kennzeichnen, daß ich sage, welche Überlegungen m. E. der Leiter einer großen Kesselanlage anstellen sollte, die vorwiegend mit aus schlechtem Rohwasser aufbereitetem Wasser gespeist wird und die trotz guter Betriebsführung unter ungewöhnlich vielen Nietnahtrissen leidet:

„Nach verbürgten Mitteilungen sind auch in Amerika in Verbindung mit nicht tadellosem Speisewasser in einer Reihe von Kesselanlagen Nietnahtschäden aufgetreten, die man in gleicher Zahl an andern mit gutartigem Wasser, aber sonst unter ähnlichen Bedingungen arbeitenden Kesseln nicht beobachtet hat, und zwar auch an Kesseln, die aus guten Baustoffen und sorgfältig hergestellt waren. Den Amerikanern soll es gelungen sein, durch geeignete Wasserbehandlung diese Schäden abzustellen. Die Erklärung, die sie für die Ursache der Schäden und ihre Abhilfe geben, befriedigt aber noch nicht.

Ich selbst bin, da ich nicht genügend Sonderkenntnis habe, auf die Zuverlässigkeit meiner Berater angewiesen, die, wenn sie auch noch so klug und sachlich sind, Irrtümern oder der Voreingenommenheit für ihre Ansichten und Gedankengänge unterworfen sein können, und vielleicht bei ihren Untersuchungen an wichtigen Dingen vorübergehen. Als Betriebsleiter muß ich mich aber auch gegen den Einfluß solcher Schwächen schützen.

Zwar haben deutsche Forschungen gezeigt, daß sehr viele Nietnahtrisse lediglich von ungeeigneten Baustoffen oder schlechter Fertigung herrühren. Daß in meiner Anlage weit mehr Risse

als in andern auftreten, legt aber die Vermutung nahe, daß irgendwelche Eigenheiten meiner Anlage eine Rolle spielen, denn es wäre doch ein sehr großer Zufall, wenn gerade in meinem Werk ungewöhnlich viele Kessel verschiedener Firmen aus schlechten Baustoffen oder unsachgemäß hergestellt wären. Deshalb wirkt wahrscheinlich irgend ein Einfluß mit, der sich bisher der Forschung der Fachleute entzogen hat und von einer besondern Eigentümlichkeit meines Betriebes herrührt. Da nun die Betriebsführung gut ist, muß ich in erster Linie an Einflüsse des Speisewassers denken, denn die Wasserverhältnisse meines Werkes sind im Gegensatz zu denen sehr vieler andrer Werke von ähnlicher Größe recht ungünstig.

Die Erforschung des Einflusses von Material und Herstellung auf die Risse ist zwar bereits zu tiefgehenden Erkenntnissen gelangt. Lasse ich mich aber dadurch, daß die Erklärung der Amerikaner für die Einwirkung gewisser Wasser noch nicht befriedigt, verleiten, die schädliche Wirkung von alkalischem Wasser überhaupt unbeachtet zu lassen, so laufe ich Gefahr, in denselben Fehler zu verfallen, wie so oft die Medizin, die eine bis dahin unbekannte Erscheinung oder ein Heilverfahren für unmöglich oder nutzlos erklärt hat, lediglich weil man die Ursachen noch nicht erkannt hatte.

Ich suche mir daher die Mitarbeit erfahrener Chemiker, und zwar möglichst unabhängig von den gleichzeitig weitergehenden Ermittlungen meiner übrigen Sachverständigen, die den Einfluß der Herstellung und der Eigenschaft der Baustoffe prüfen. Daneben erprobe ich wenigstens an einem Kessel den Nutzen der Heilmittel, die sich bei meinen amerikanischen Fachgenossen, deren Sachkenntnis und Erfahrung sich nicht bestreiten läßt, bewährt haben sollen, wenngleich ich dem Nutzen dieser Mittel skeptisch gegenüberstehe. Ich muß freilich damit rechnen, daß die Untersuchungen schließlich zeigen, daß alkalisches Wasser keinen schädlichen Einfluß hatte und daß diejenigen, die dies von Anfang an behaupteten, recht behalten. Trotzdem glaube ich, richtiger zu handeln, wenn ich auch diese Versuche durchführen lasse, als wenn ich in dieser Richtung nichts unternehme und dadurch möglicherweise mehrere Jahre auf falscher Fährte vorgehe. Denn die Mehrausgaben für weitere Untersuchungen stehen in keinem Verhältnis zu dem Schaden an den Kesseln, wenn sich alkalisches Wasser tatsächlich als gefährlich erweisen sollte."

[D 584]

Neues Verfahren zum Verhindern der Anfressung von Kondensatorrohren.

Trotz aller Versuche ist es bis jetzt nicht gelungen, Metalllegierungen herzustellen, die der Einwirkung des Seewassers in den Kondensatoren von Seeschiffsanlagen einwandfrei widerstehen. Die Schäden infolge der Anfressungen von Schiffskondensatoren sind um so schwerwiegender, als das erfahrungsgemäß häufig notwendige Auswechseln der Rohre zu Betriebstörungen und damit zu Geldverlusten infolge verlängerten Hafenaufenthaltes führt. Einige Einzelheiten über neuere Versuche und Erfahrungen auf diesem Gebiete behandelte vor kurzem Austin in einem Vortrag in der Liverpool Engineering Society.

Er wies darauf hin, daß die Verringerung der kühlenden Oberfläche neuzeitlicher Kondensatoren von etwa 0,16 auf 0,075 m^2/PS_i nicht allein durch Verbesserungen der Kondensatorkonstruktionen möglich gewesen ist, sondern daß man dazu übergegangen ist, größere Strömgeschwindigkeiten des Kühlwassers im Kondensator anzuwenden. Damit ist infolge der größeren reibenden Wirkung des Wassers aber unumgänglich eine Verstärkung der Anfressungen verbunden. Man hat zur Erforschung der Verhältnisse, durch die das Anfressen der Rohre bei großer Wassergeschwindigkeit verhindert werden kann, sehr umfangreiche Versuche gemacht; denn gerade die in Kondensatoren herrschenden Bedingungen lassen sich im Laboratorium verhältnismäßig gut herstellen. Die Rückschlüsse, die sich aus Versuchen mit verschiedenem Baustoff ziehen ließen, sind zweifellos von Wert für den Bau von Kondensatoren, aber sie sind doch nicht genügend einwandfrei, und Baustoffe, die gegen Anfressen gänzlich sicher sind, hat man dabei nicht gefunden.

Besseren Erfolg hatten Versuche mit Rohren, die von innen mit einem Überzug versehen wurden, der aus einer asphaltartigen Lösung bestand. Die Schwierigkeit bestand darin, diesen Überzug in den Rohren in gleichmäßiger Dicke und doch möglichst dünn anzubringen, da er sonst den Wärmeübergang verhindert und die Wirkung des Kondensators beeinträchtigt. Nach manchen Versuchen wurde ein mit Druckluft arbeitender Farbenzerstäuber als geeignet gefunden. Dieses Verfahren wird jetzt in größerem Maße bei den Schiffen der Cunard-Linie geprüft. Die zu streichenden Kondensatorrohre werden zunächst gründlich gereinigt und dann getrocknet, indem man etwas Dampf in den Dampfteil des Kondensators eintreten läßt. Anschließend wurde der erste Anstrich mittels des Farbzerstäubers vorgenommen; die Rohre wurden sodann mit Hilfe von Lüftern getrocknet. Ein zweiter Anstrich wurde in gleicher Weise ausgeführt.

Der Überzug ist glatt und hart und hat sich im Dienst bestens bewährt. In zehn großen Kondensatoren, die so behandelt wurden, und die insgesamt 28 500 Kondensatorrohre haben, wurden nur 21, d. h. etwa ¾ vH, während einer Betriebdauer von 3 bis 15 Monaten so angefressen, daß sie ausgewechselt werden mußten. Bei allen diesen Rohren konnte aber der Nachweis geführt werden, daß sie schon vor Vornahme des Anstriches stark angefressen waren. Vor der Anwendung des Überzuges mußten in einer Zeit von 3 bis 10 Monaten, also in einer durchschnittlich wesentlich kürzeren Betriebdauer, 441 Rohre ausgewechselt werden.

Der Hauptvorteil des Verfahrens für den Schiffsbetrieb liegt darin, daß es an Bord von Schiffen angewendet werden kann, ohne daß umfangreiche Arbeiten am Kondensator notwendig sind. Die Einrichtung ist tragbar und leicht zu handhaben. Leider hat der Vortragende keine Angaben über den Einfluß des Anstriches auf die Wärmeleitfähigkeit der Rohre gemacht. (Shipping and Engineering, Shanghai, 20. März 1925.) [N 586] C.

Übersicht über die deutschen Elektrizitätswerke 1925.

Das von der Vereinigung der Elektrizitätswerke herausgegebene Verzeichnis[1]) zählt für 1925 rd. 3380 im Betriebe befindliche Elektrizitätswerke auf deutschem Gebiet auf. In dieser Zahl sind alle Werke mit eigener Stromerzeugung und solche mit Strombezug von andern Kraftwerken einbegriffen. Aus der Aufzählung ist zu entnehmen, daß im ganzen 190 Elektrizitätswerke je eine Stromerzeugung von mehr als 5000 kW haben.

Das größte Kraftwerk, das zurzeit in Deutschland in Betrieb steht, ist das dem Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk, A.-G., gehörende Goldenberg-Werk in Knapsack bei Köln, das Maschinen für 302 000 kW Leistung umfaßt. Das Werk wird, wie bekannt, mit Braunkohlen betrieben und ist auch das größte Dampfkraftwerk mit dieser Feuerung, das es in der Welt gibt. Die nächstgrößeren Braunkohlen-Dampfkraftwerke sind Zschornewitz mit 168 000 kW und Trattendorf mit 66 000 kW Stromerzeugerleistung. Die letzten beiden Werke liefern den größten Teil des erzeugten Stromes mit 100 000 V nach Berlin.

Die leistungsfähigsten Wasserkraftwerke sind das Walchensee-Werk bei Kochel mit 117 000 kW und die Werke der „Mittleren Isar" mit 55 000 kW. Außerdem sind die Alzwerke bei Burgkirchen mit 36 800 kW Maschinenleistung zu erwähnen. Die Innwerke der Bayerischen Aluminiumwerke, die in Töging bei Mühldorf liegen und mit etwa 87 000 kW voll ausgebaut sind, stellen 40 000 kW für öffentliche Stromversorgung bereit. Es sind jedoch noch mehrere neue Wasserkraftwerke geplant oder bereits im Bau, die recht große Leistungen abgeben sollen. Die Ausnutzung der Kachletstufe durch das Großkraftwerk Steinbach bei Passau wird im Rahmen der Kraftanlagen an der Main-Donau-Wasserstraße so weit geplant, daß das Kraftwerk später rd. 50 000 kW liefern soll. Ganz großzügig sind auch die Pläne zum Ausbau der Wasserkräfte in Baden. Neben den Kraftwerken an der Murg, der Raumünzach und dem Schwarzenbach wird das Schluchseewerk zusammen mit den beiden andern geplanten Kraftstufen Witzenau und Waldshut später über eine Maschinenleistung von 260 000 kW verfügen.

Ein wichtiger Bestandteil der vorliegenden Statistik ist das Verzeichnis der deutschen Städte und Ortschaften von mehr als 1000 Einwohnern mit den für die Elektrizitätsversorgung jeweils eingeführten Stromarten und Spannungen. [N 793] Js.

Der Heizwert bei Abnahmeversuchen.

Durch § 19 der neuen „Regeln für Abnahmeversuche an Dampfanlagen" wird bestimmt, daß nunmehr bei Abnahmeversuchen mit dem oberen Heizwert zu rechnen ist. Für die erste Zeit wird aber empfohlen, auch noch nebenher den unteren Heizwert mitanzugeben. Die fragliche Bestimmung lautet:

„§ 19. Als Heizwert kommt wissenschaftlich nur der obere, d. h. auf 0° Endtemperatur und flüssiges Wasser bezogene Heizwert in Betracht. Mit Rücksicht auf die notwendige Anpassung an den bisherigen Gebrauch sowie den erheblichen Unterschied, der sich bezüglich der Wirkungsgrade ergibt zwischen unterem und oberem Heizwert bei wasser- und wasserstoffreichen Brennstoffen, empfiehlt es sich, auch den unteren Heizwert, bezogen auf Kohlensäure und dampfförmiges Wasser, vorläufig mitanzugeben und zu berücksichtigen." [N 830]

[1]) Verzeichnis der deutschen Elektrizitätswerke. Berlin 1925. Selbstverlag der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V. 624 S. Preis 25 ℳ.

Die Dieselmaschine in Amerika.

Von Prof. Dr.-Ing. A. Nägel, Dresden.

(Schluß von S. 1115.)

Schlußbetrachtung. Wenn wir innerhalb der vielgestaltigen Entwicklung, die die Dieselmaschine in den Vereinigten Staaten gefunden hat, nach übergeordneten, für diese Entwicklung kennzeichnenden Merkmalen oder Richtlinien suchen, so meinen wir als solche die mehrfach erwähnten Rücksichten auf niedrige Beschaffungskosten und auf große Betriebsicherheit, verbunden mit einfachster Bedienung, zu erkennen. Die Beschaffungskosten werden durch den Baustoffaufwand nur in untergeordnetem Maßstabe beeinflußt. Deshalb sind gewaltige Wand- und Flanschdicken an der Tagesordnung, die uns geradezu auffallen, wenn wir die einzelnen Maschinenteile in der Werkstatt sehen. Dagegen finden wir die vorteilhafteste Bearbeitung, zu der das Konstruktionsbureau wie die Werkstatt in wohldurchgeführter Gemeinschaftsarbeit ihren Teil beitragen.

Die straffe Anpassung der Konstruktion an die Erfordernisse der wirtschaftlichsten Werkstattarbeit ist ein besonders wichtiges Motiv, das bei weitem nicht in allen deutschen Firmen hinreichend beherzigt wird. In der Rücksicht auf die Betriebsicherheit und auf die Einfachheit der Bedienung, die in den Vereinigten Staaten in ausgeprägtem Maße beobachtet wird, empfinden wir eine Zielsetzung des amerikanischen Maschinenbaues, die dem deutschen Standpunkt innerlich verwandt ist, ohne daß sie bei uns bis zu der letzten Folgerung durchgesetzt zu werden pflegt, die für den amerikanischen Markt unerbittliche Bedingung ist.

Als Folgerung aus dieser dem amerikanischen und dem deutschen Maschinenbau gemeinsamen Anschauungsweise erwähne ich, daß der Dieselmaschinenbau nur in einfachen Ausführungsformen sein Feld behaupten wird, während viele — man kann getrost sagen, unzählige — Erfindungen der Vergangenheit anheimfallen, die irgendeine Verbesserung des Arbeitsverfahrens durch eine verwickeltere Ausbildung des Getriebes oder der Steuerung zu erreichen

RZ436Z111

Abb. 111. Längsschnitt durch den Arbeitszylinder quer zur Kurbelachse.

RZ436Z112

Abb. 112. Ansicht des Getriebes.

RZ436Z113

Abb. 113. Längsschnitt durch die Arbeitszylinder parallel zur Kurbelachse.

Abb. 111 bis 113. Doppeltwirkende Zweitakt-Dieselmaschine nach Maclagan, gebaut von der North British Diesel Engine Co.

suchen. Die Erfinder wissen, wie unendlich schwer es hält, selbst für einen aussichtsreichen Gedanken eine erfahrene und angesehene Fabrik zur Verwirklichung ihres Gedankens zu bewegen, und die verantwortlichen Leiter der Fabriken wissen, welch dornenvoller Weg ihnen bevorsteht, bevor sie einem solchen Gedanken den baulichen Ausdruck verliehen haben, der für den Markt die erforderliche Reife hat. Die hier sich zeigende Zurückhaltung der Träger wirtschaftlicher Verantwortung ist in den Vereinigten Staaten noch weit mehr ausgeprägt als bei uns.

In ausgesprochenem Gegensatz dazu und auch zu seiner eigenen Tradition scheint sich der englische Maschinenbau in neuerer Zeit in anderer Richtung zu bewegen. Wenn man als deutscher Ingenieur kurz hintereinander die Wembley-Ausstellung und den amerikanischen Maschinenbau gesehen hat, ist man erstaunt über die Wagnisse, die z. B. die neueren englischen Dieselmaschinenbauarten in konstruktiver und in betrieblicher Richtung darstellen. An die bekannte Cammellaird-Fullagar-Maschine, die die Gestängeumführung der Junkers-Maschine durch schrägliegende Kuppelstangen zwischen den gegenüberliegenden Kolben eines Zwillingpaares von Junkers-Zylindern umgeht, hat sich die Still-Maschine mit der Vereinigung des Diesel- und Dampfmaschinenzylinders angeschlossen. In neuester Zeit ist hierzu die Großdieselmaschine nach J. C. M. Maclagan getreten, eine doppeltwirkende Zweitaktmaschine, bei der sich der Kolben mit vollem Hub und der in zwei Ringteile gespaltene Zylinder mit verkleinertem Hub bewegt, während allein die beiden Zylinderdeckel feststehen und mit dem Maschinengestell verbunden sind. Die Maschine, die auf der Wembley-Ausstellung in einem wundervoll ausgeführten Modell und in den Hauptteilen der ersten Schiffsmaschine dieses Systems vertreten war, wird von den North British Diesel Engine Works in Whiteinch und Glasgow gebaut.

Es verlohnt sich, dem amerikanischen Dieselmaschinenbau dieses neueste Beispiel des englischen gegenüberzustellen, um sich der Größe des Unterschiedes zwischen den beiderseitigen Zielen bewußt zu werden, Abb. 111 und 112. Die Pleuelstange ist oberhalb des den Kurbelzapfen umfassenden Kopfes gabelartig ausgebildet und mit den oberen Enden der beiden Gabelstangen an die beiden Kolbenzapfen angeschlossen, Abb. 113. Von diesen Zapfen wird der Antrieb der Zylinderbewegung abgeleitet. Die Maschine arbeitet mit Schlitzspülung, die an den inneren Deckelkanten durch die Bewegung des Zylinders gesteuert wird. Die Steuerung des Auspuffs ist der Relativbewegung zwischen Kolben und Zylinder unterworfen. Den Kolben mit seinem Gleitschuh zeigt Abb. 114. Der aus zwei Hauptteilen bestehende Zylinder, Abb. 115, ist mit Posaunenrohren versehen, durch die man die Auspuffgase ableitet und die Spül- und Ladeluft zuleitet.

Eine besondere Eigenart besteht im Antrieb der Brennstoffnadeln, wovon je eine unter 45° geneigt in den Zylinderdeckeln untergebracht ist. Symmetrisch zum Brennstoffnadelgehäuse steht in beiden Deckeln der Anlaßventileinsatz. Die Brennstoffnadel wird vom Verdichtungsdruck und vom gleitenden Zylinder gesteuert, Abb. 116. Zu diesem Zweck ist der die Brennstoffnadel bedienende Hebel innerhalb eines Kolbens gelagert, dessen Federbelastung auf den Verdichtungsdruck (31,6 at) eingestellt ist. Der Raum unterhalb dieses Kolbens steht durch einen Kanal mit dem Verdichtungsraum in Verbindung.

Bis kurz vor dem Totpunkt verbleibt demnach der Kolben unter dem Einfluß seiner Federbelastung in seiner innersten Stellung. Nähert sich der Zylinder seinem Totpunkt, so berührt eine mit ihm verbundene Nockenkurve die Rolle des Brennstoffnadelhebels, so daß dieser im Sinne einer kleinen Anfangserhebung der Brennstoffnadel betätigt wird. Durch die eingeleitete Teilverbrennung wächst der Druck im Innern des Arbeitszylinders, so daß der Stützkolben des Brennstoffnadelhebels gegen seine Federbelastung ausgestoßen wird. Hierdurch wird die Brennstoffnadel weiter geöffnet, was so lange andauert, bis die Rolle des Brennstoffnadelhebels auf dem zurückgehenden Nocken abgelaufen ist. Die Nockenform läßt den Nadelschluß bei einem Kurbelwinkel von etwa 40° erfolgen.

Diese Brennstoffnadel-Steuerung soll während einer längeren Versuchsdauer ohne jeden Tadel gearbeitet haben. Sie hat den offenkundigen Vorteil, daß sie ganz unabhängig von der Drehrichtung der Hauptwelle die Brennstoffnadel eröffnet, so daß sich der Umsteuervorgang ausschließlich auf die Anlaßsteuerung beschränkt. Die Erstlingsmaschine dieser Bauart hat 522 mm Zyl.-Dmr. und 1117 mm Hub. Mit drei Zylindern leistet die Maschine bei 100 Uml./min 2000 PS_e, was einem mittleren wirksamen Kolbendruck von 4,47 at entspricht.

Die Maschine ist für das Einschrauben-Frachtschiff „Swanley" der Reederei Harris & Dixon bestimmt, das bei 12 560 t Verdrängung durch die Maschine eine Geschwindigkeit von 10,5 Knoten erhalten soll. Für diese Maschine

Abb. 114. Doppeltwirkender Arbeitskolben mit Gleitschuh und Zapfen.

Abb. 116. Steuerung des Brennstoffventils.

Abb. 114 bis 116. Teile der Maclagan-Maschine.

Abb. 115. Axial beweglicher Arbeitszylinder mit Posaunenrohren für Spül- und Ladeluft (rechts) und Auspuff (links).

hat der Erfinder umfangreiche Rechnungen angestellt, deren Ergebnisse er veröffentlicht hat[1]).

Die Maclagan-Maschine veranschaulicht den grundsätzlichen Unterschied in der Entwicklung der englischen Großdieselmaschine gegenüber der amerikanischen. Wenn wir aus den beiden uns fremden Schulen eine Lehre für uns selbst ziehen wollen, so scheint es, daß die Grundsätze der amerikanischen Entwicklung, die manche Firmen mit puritanischer Strenge beobachten, vor allem geeignet sind, Rückschläge zu vermeiden, die in Mißerfolgen der Dieselmaschine beruhen. Jeder solche Rückschlag schädigt nicht nur die Reederei, Werft oder Maschinenfabrik, die unmittelbar durch das Mißgeschick eines Fehlschlages betroffen wurde. Den Schaden eines solchen Fehlschlages müssen alle andern Firmen mit tragen helfen, die im Wettbewerb um den gleichen Auftrag gerungen haben. Es ist eine wertvolle Beobachtung innerhalb der amerikanischen Industrie, daß dieses Gemeinschaftsbewußtsein in hoher Blüte steht und daß sich geschäftlicher Wettbewerb zwischen großen Firmen wie auch der Kampf um die Palme zwischen den Nebenbuhlern des kleinsten Wirkungskreises in Formen abspielt, die frei von Hinterhältigkeit sind und keinen Stachel hinterlassen, der die Merkmale des Kampfes über die Schwelle der Arbeitsstätte hinaustragen könnte. [B 436]

[1]) Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland 1924: „The Sliding Cylinder Double-Acting Two-Cycle Diesel Engine"

Erhöhung der Festigkeit von Stahlguß[1]).

Der gewöhnliche Stahlguß läßt wegen seiner Weichheit und seines geringen Widerstandes gegen Stoß und Ermüdungserscheinungen zu wünschen übrig. Es ist zwar möglich, ihn durch Glühen und geeignete Wärmebehandlung zu verbessern, aber die besten Ergebnisse werden auf diesem Wege mit Stücken aus legiertem Stahl erzielt. Im engeren Sinne waren die ersten Stahlgußstücke wohl schon bisweilen als Legierungen anzusprechen, wenn absichtlich oder unabsichtlich z. B. die Menge des zur Oxydation zugeführten Mangans über das hierzu erforderliche Maß hinaus vergrößert wurde, bis der Stahlguß besondere Eigenschaften zeigte. Erst seit etwa 1910 steigerte sich aber die Nachfrage nach legiertem Stahlguß so, daß es sich lohnte, ihn handelsmäßig zu erzeugen, und besonders die Anforderungen des Krieges führten zu seiner steigenden Verwendung. Als Legierungsbestandteile kommen dabei in erster Linie Nickel und Chrom in Frage, dann aber auch Vanadium und Molybdän.

Der Einfluß des Nickelzusatzes auf den Stahlguß ist praktisch derselbe wie beim geschmiedeten und gewalzten Stahl. Er verdichtet und festigt den Stahl und macht ihn widerstandsfähiger gegen Stoß und Ermüdung. Außerdem härtet er das Metall und erhöht die günstigen Einflüsse der andern Legierungsbestandteile. Aus letzterem Grunde wird Nickel meistens in Verbindung mit Chrom zugesetzt. Seine Eigenschaft, die Korngröße zu verkleinern und das Saigern zu verhindern, machen das Nickel besonders als Zusatz bei Stahlgußstücken wertvoll.

Chrom als solches allein erhöht die Härte des Stahles. Beide Elemente ergänzen sich, wenn sie zusammen dem Stahlguß zugesetzt werden, gegenseitig, so daß große Festigkeit und Zähigkeit bei größerer Härte in Verbindung mit guter Widerstandsfähigkeit gegen Stoß und Ermüdung erzielt werden. Durch geeignete Wärmebehandlung tritt weitere Verbesserung der Festigkeitseigenschaften ein, und wenn erforderlich, kann damit ein Kohlungsprozeß verbunden werden, wie bei der Einsatzhärtung des gewöhnlichen Nickelstahles, dessen hervorragende Eigenschaften bekannt sind. Es hat sich gezeigt, daß ein Mischverhältnis von 2 bis 2½ Teilen Nickel auf 1 Teil Chrom die besten Ergebnisse zeitigt, dem ausnahmsweise einige wenige Hundertteile Vanadium oder Molybdän zugesetzt werden, wenn man von dem Stahlgußstück für gewisse Zwecke besondere Eigenschaften verlangt.

Stahl mit 1 bis 1,5 vH Mangan in Verbindung mit Nickel ergibt einen verhältnismäßig billigen Stahlguß von ausgezeichneter Beschaffenheit. Nickel-Vanadium-Stahllegierungen werden bei Stahlguß kaum verwendet.

Als Legierungen haben sich die nachstehend analysierten bewährt:

	3 vH-Nickel	Nickel-Chrom	Nickel-Mangan
Kohlenstoff	Nach Bedarf	Nach Bedarf	Nach Bedarf
Mangan	0,40 bis 0,70	0,40 bis 0,70	0,75 bis 1,25
Silizium	0,15 „ 0,40	0,15 „ 0,40	0,15 „ 0,40
Phosphor	unter 0,05	unter 0,05	unter 0,05
Schwefel	unter 0,05	unter 0,05	unter 0,05
Nickel	2,50 bis 3,50	1,50 bis 2,50	1,25 bis 1,75
Chrom	—	0,50 „ 1,25	—

Diese Analysen sind lediglich als Beispiele aufzufassen, sie ändern sich je nach dem Verwendungszwecke des Gußstückes. Besonders hinsichtlich des Kohlenstoffgehaltes, der meist zwischen 0,30 bis 0,40 vH schwankt, ist zu bemerken, daß, wenn auf große Festigkeit und Härte Wert gelegt wird, die Kohlenstoffmenge größer sein muß. Soll das Gußstück weich und zähe sein, muß sie niedriger gewählt werden.

Was die Preise des Stahlgusses anbetrifft, ist zu bedenken, daß im Handel am besten die Ware abgesetzt wird, die entweder billiger ist und dabei gleich gute oder bessere Dienste leistet als eine andere gleicher Art, oder die gerade so teuer ist wie eine andere, sich aber besser bewährt, endlich eine solche, die sich gegenüber der andern als besonders vollkommen erweist, dabei aber nur ein wenig teurer ist. Nun sind aber Gußstücke aus Nickel- und Nickel-Chrom-Stahl dem gewöhnlichen Kohlenstoffstahlguß in ihren Festigkeitseigenschaften so überlegen, daß in den meisten Fällen ein solches Gußstück nur 60 vH eines gewöhnlichen an Gewicht zu besitzen braucht. Unter diesen Umständen kann sogar mit einer Ersparnis von etwa 10 vH an Kosten bei Verwendung der Stahllegierung gerechnet werden. Zu beachten bleibt noch, daß Frachtkosten erspart werden und daß der Schrottwert ein höherer ist, wenn man Legierungsstahl benutzt.

Die ausgezeichneten Eigenschaften des Nickel- und Nickel-Chrom-Stahlgusses haben dazu geführt, daß man viele Gegenstände, die man früher durch Schmieden herstellte, heute aus diesen Stoffen gießt; sie werden billiger und haltbarer. Besonders in der Automobilindustrie haben sich diese Gußstücke weitgehend eingeführt, ebenso im Lokomotivbau und im Eisenbahnoberbau; auch das Aufbereitungs- und Förderwesen macht von diesem Stahlguß weitgehenden Gebrauch.

Hoch manganhaltiger Stahl läßt sich auf Werkzeugmaschinen nicht bearbeiten, sondern muß, wenn genaue Passung erforderlich ist, von Hand geschabt werden, daher wird er aus wirtschaftlichen Gründen in vielen Fällen zweckmäßig durch Nickel-Chrom-Stahl ersetzt, der maschinell bearbeitet werden kann und doch genügend fest und hart ist. Neuere Versuche haben gezeigt, daß es möglich ist, auch den Manganstahl durch Zugabe eines verhältnismäßig hohen Vomhundertsatzes Nickel schmied- und bearbeitbar zu machen, ohne seine sonstigen Eigenschaften wesentlich zu beeinflussen.

Die Einführung hoher Drücke bei Dampfkraftanlagen hat dem legierten Stahlguß ein weiteres Verwendungsgebiet eröffnet, da er sich für Rohrstutzen und Ventile hier bestens bewährt hat. Stahlgußventile aus Nickel-Chrom-Stahl, aus dem Elektroofen gegossen, behalten ihre Festigkeit auch bei hohen Überhitzungsgraden. Sie ist mehr als doppelt so groß wie die des gewöhnlichen Stahlgusses, dabei ist der Widerstand des legierten Stahlgusses gegen Rosten und Anfressung in diesen hohen Temperaturen ebenfalls erheblich größer als bei letzterem.

Auch für Zahnradgetriebe mit großen Kraftübersetzungen wird mit Vorteil legierter Stahlguß verwendet. Chromstahlguß wird wegen seines geringeren Preises für diese Zwecke oft benutzt, wo aber die Zähigkeit des Stoffes besonders groß sein muß, ist Nickel-Chrom-Stahlguß auch hier vorzuziehen, ebenso wenn mit Stößen oder Verhältnissen zu rechnen ist, die Ermüdungserscheinungen hervorzurufen pflegen.

In größerem Umfange wird er ferner bei Dampfschaufeln und Baggern für die Becherränder und Zähne benutzt. Ein weiteres wichtiges Verwendungsgebiet für ihn ist der Walzwerkbau, wo er besonders für die Walzenkupplungen geeignet ist. Diese Teile sind hohen Drücken und sehr starken Stößen ausgesetzt. Auch die Walzen selbst werden zweckmäßig aus Stahllegierungen mit 3 vH Nickel oder mit Nickel-Chrom gegossen, die nach dem Guß einer entsprechenden Wärmebehandlung zu unterziehen sind. Derartige Walzen werden im Handel mit Nickel-Chrom-Halbstahlwalzen bezeichnet. Sie haben unter scharfem Wettbewerb mit andern Walzen erfolgreich das Feld behauptet.

Einige andre Verwendungsgebiete sind noch zu erwähnen: z. B. Formen für Preßguß aus Nickel-Chrom-Stahl, die gleich mit dem Formhohlraum gegossen werden, so daß nur ein Nacharbeiten nötig ist, um sie benutzen zu können, Scherenblätter, Matrizen für Automobilkurbelwellen, Eisenbahnwagenräder usw. Auch Armee und Marine wenden dieser Stahllegierung ihre Aufmerksamkeit in hohem Grade zu; sie haben sich durch die Untersuchungen des Stahlgusses mit Röntgenstrahlen besondre Verdienste um die Verbreitung der Gußstücke aus legiertem Stahl erworben. [N 678] Lohse.

[1]) Nach „The Iron Age" Bd. 115 (1925) Nr. 7 S. 469.

Über Form und Prüfung autogen und elektrisch geschweißter Probestäbe[1]).

Von E. Höhn, Oberingenieur des Schweizerischen Vereins von Dampfkesselbesitzern, Zürich.

Form der autogen und elektrisch geschweißten Probestäbe. Versuchsergebnisse bei Zerreiß-, Kaltbiege-, Kerbschlag- und Verwindungsproben.

Probestäbe für Zerreißproben.

Für homogenes Material, homogen innerhalb gewöhnlicher Grenzen verstanden, das auf Zerreißfestigkeit geprüft werden soll, verwendet man als Probestab nur den von zylindrischer oder prismatischer Form, wobei die zum Einspannen eingerichteten Köpfe die Enden bilden. Der Schaft muß etwas länger sein als der Abstand, zwischen dem die bleibende Dehnung festzustellen ist. Innerhalb des Schaftes treten Dehnung und Kontraktion nach bekannten Gesetzen in die Erscheinung. Ist diese Stabform auch für geschweißte Probestäbe geeignet? Ich glaube, diese Frage ist zu verneinen; die Gründe sind folgende:

In einem geschweißten Probestab bildet die Naht eine unhomogene Stelle; sie kann härter oder weicher sein als das übrige Stabmaterial. Dehnung und Kontraktion treten nicht in gleicher Weise in die Erscheinung wie bei einem homogenen Stab; für beide besteht der Einfluß der Schweißnaht. Dies gilt nicht nur für Stäbe mit Nähten quer zum Schaft, sondern auch für solche, die der Länge nach geschweißt sind. Die bleibende Dehnung eines geschweißten Stabes kann nicht verglichen werden mit der eines homogenen Stabes; denn jene setzt sich zusammen aus der Dehnung der Stabteile außerhalb der Schweißstelle und in der Schweißstelle selber.

Die Feststellung von Dehnung und Kontraktion hat also nur beschränkten Wert für geschweißte Stäbe. Durch das Schweißen erfahren Blech oder Probestab eine Wärmebehandlung, der zufolge die Struktur des Materials örtlich verändert wird, bei der autogenen Schweißung sogar wesentlich, wodurch Dehnung und Kontraktion der Stabteile auch außerhalb der Schweißstelle beeinflußt werden. Schon aus diesem Grund ist es nicht zulässig, geschweißte und homogene Stäbe im Hinblick auf Dehnung und Kontraktion miteinander zu vergleichen und das Ergebnis z. B. in Vonhunderten auszudrücken.

Ist die Dehnung einer bestimmten Strecke des Schaftes eines geschweißten Stabes einschließlich der der Schweißstelle bekannt und soll noch die Dehnung der Schweißstelle im besondern festgestellt werden, so kann man sie nicht ermitteln durch Abziehen der Teildehnungen der außerhalb der Schweißstelle liegenden Stabteile von der Gesamtdehnung.

Welche Schlüsse endlich können gezogen werden, wenn ein Stab an der geschweißten Stelle bricht, bevor seine Arbeitsfähigkeit in den übrigen Teilen erschöpft ist? Ein Vergleich mit dem ungeschweißten Stab hinsichtlich der Dehnung und der Kontraktion ist auch in diesem Falle nur roh. Dehnung und Kontraktion eines homogenen Zugprobestabes dienen mit zur Kennzeichnung seiner Zähigkeit. Ist die letztere das Ziel der Untersuchung, so kann es noch besser durch die Biegeprobe und die Kerbschlagprobe erreicht werden. Namentlich die letztgenannte Probe wird mehr und mehr berücksichtigt. Man wird somit auch die Zähigkeit von Schweißgut auf diesem Weg in genügender Weise feststellen können.

Kann auf die Feststellung von Dehnung und Kontraktion von geschweißten Stäben verzichtet werden, so ist man frei mit Bezug auf die Wahl der Probestabform, und kann darauf einwirken, daß der Bruch an der Schweißstelle, nicht in den benachbarten Stabteilen herbeigeführt wird. Man kennt dann unmittelbar die Festigkeit des Schweißgutes, und darauf kommt es an. Bricht der Stab jedoch neben der Schweißstelle, so hat das darauf gestützte Ergebnis geringen Wert, weil sein Vergleich mit der Festigkeit eines nichtgeschweißten, sonst gleichartigen Stabes doch kein zutreffendes Bild gibt. Der Bruch erfolgt an der Schweißstelle, sobald man dem Stab die hierfür zweckmäßige Form erteilt: durch Vermindern des Stabquerschnittes an der Schweißstelle. Hierbei ist jedoch mit größter Vorsicht vorzugehen; denn wird infolge dieser Querschnittsverminderung die Kontraktion beeinträchtigt, so wird gleichzeitig die Zugfestigkeit künstlich erhöht. Die der Schweißstelle unmittelbar benachbarten Stabteile müssen daher zylindrisch oder prismatisch bleiben und gleichen Querschnitt haben wie die Schweißstelle selbst. Um zu verhindern, daß das Probeergebnis unbrauchbar wird, ist es unumgänglich nötig, Vorproben mit ungeschweißten Stäben auszuführen.

Der Schweizerische Verein von Dampfkessel-Besitzern hat 1923[2]) bei seinen Versuchen 264 elektrisch geschweißte Probestäbe, Abb. 1 bis 3, mit verschiedenem Nahtprofil und in den drei Dicken von 10, 17 und 25 mm zerreißen lassen. (Die Abbildungen zeigen bloß eine Dicke und ein Profil.) Die Vorproben mit ungeschweißten Stäben, Abb. 4 und 5, haben gezeigt, daß die Kontraktion an der durch Bearbeitung eingeschnürten Stelle gegenüber dem glatten Stab, Abb. 5, nicht gestört wird.

[1]) Gegen die Anwendung des Fremdwortes „autogen" und auch gegen „Schweißung", „Schweißen" ist von verschiedenen Seiten Einsprache erhoben worden, z. B. in der Z. d. bayer. Rev.-Ver. 1924 S. 68 durch Prof. R. Baumann. An Stelle von „Schweißung" wird „Verschmelzung" vorgeschlagen. C. Diegel umgeht die Bezeichnung „autogene Schweißung" durch „Schmelzflammen-Schweißung". Diesen Einwänden läßt sich die Berechtigung nicht absprechen; sie kommen leider nur etwas spät, und wer heute kurz und bündig von „autogener Schweißung" spricht, ist sicher, verstanden zu werden, was fraglich ist bei Benutzung einer andern Bezeichnungsweise. Uebrigens ist „autogenous", „autogène" auch im Englischen und Französischen ein Fremdwort. Während man auf der einen Seite eingelebte Fremdwörter auszumerzen bestrebt ist, werden auf der andern Seite neue deutsche Bezeichnungen in die Sprache eingeführt, die ihren Wortschatz in nicht gerade vorteilhafter Weise bereichern. „Schweiße" soll offenbar beim Schweißen niedergeschmolzenes Metall bedeuten; hierfür besteht aber der ältere und zutreffendere Begriff „Schweißgut". Was soll man endlich unter „Einbrennen", „Einbrand" verstehen? Sollte sich diese Bezeichnung einbürgern, so gilt, daß neben Köchen und Heizern neuerdings auch noch Leute, die elektrisch schweißen, „einbrennen". Verf.

[2]) Jahresbericht 1923, Anhang: Ueber die Festigkeit elektrisch geschweißter Hohlkörper. Sonderabdruck Julius Springer, Berlin.

Abb. 1 bis 3. Elektrisch geschweißter Probestab von 10 mm Dicke.

Abb. 4 und 5. Zur Vorprobe verwendete ungeschweißte Stäbe.

Abb. 6 und 7. Englischer Zerreißprobestab mit Schweißnaht der Länge nach in der Stabmitte.

Alle Formstäbe wurden beim Schweißen an der Naht verdickt, die letztere jedoch vor der Vornahme der Probe auf kaltem Wege glatt gearbeitet. Naht und benachbarte Stabteile hatten gleiche Abmessungen. Vor dem Schweißen waren die Stabhälften überall gleich breit (strichpunktiert, Abb. 3); bei der Bearbeitung wurden Anfangs- und Endteile der Schweißnaht abgetrennt, wobei das Ergebnis zuverlässiger werden mußte, da Anfang und Ende einer Naht stets fehlerhaft sind.

Der Querschnitt einer so bearbeiteten Naht kann sicher ermittelt werden, was bei verdickten und unbearbeiteten Nähten nicht möglich ist[1]). Aus Bruchlast und Querschnitt ergibt sich unmittelbar die gesuchte Zugfestigkeit.

Es kommt auch vor, daß man Probestäbe aus dem Kern einer Schweißnaht herausarbeitet, so daß sie nur aus Schweißgut bestehen. Man versieht sie mit einem zylindrischen oder prismatischen Schaft und stellt dann Dehnung und Kontraktion fest. Es sei jedoch darauf aufmerksam gemacht, daß bei dem gewöhnlich geringen Querschnitt solcher Stäbe schon kleine Schweißfehler das Ergebnis unverhältnismäßig stark beeinflussen. Dem Verwenden solcher Stäbe steht auch entgegen, daß ihre Herstellung viel Sorgfalt erfordert und teuer ist. Außerdem ist zu bedenken, daß man bei einem gewöhnlichen Zugprobestab auch das Haftvermögen des Schweißgutes an dem Blech-(Stab-)Material kennen lernt, was außer Betracht fällt, sobald der Stab nur aus Schweißgut besteht.

Aus der englischen Literatur[2]) sind Zerreißprobestäbe bekannt, bei denen die Naht der Länge nach in die Stabmitte verlegt wird, Abb. 6 und 7. Wir wollen über diese Probestäbe ein Urteil nicht fällen, bevor wir selber Versuche damit gemacht haben, dürfen aber darauf hinweisen, daß die größte Beanspruchung einer Naht von zusammengeschweißten Blechen selten oder nie in der Nahtrichtung auftritt. Man könnte an Rundnähte von zylindrischen Druckbehältern denken. Bricht die Rundnaht selbst, so erfolgt dies den vorhandenen Axialspannungen zufolge; diese sind aber quer zur Naht gerichtet. Erfolgt der Bruch infolge der größern, längs der Naht gerichteten Tangentialspannungen, so muß er quer zur Naht verlaufen. Somit werden mit dem Probestab gemäß Abb. 6 und 7 Fragen, wie sie die Wirklichkeit aufwirft, kaum gelöst.

Weitere Zerreißversuche erfolgten zur Prüfung der überlappt geschweißten Verbindung sowie derer mit einseitig und doppelseitig aufgeschweißten Laschen. Dem Probestab wurde stets eine Form gegeben, daß der Bruch an der Schweißstelle erfolgen mußte, Abb. 8 bis 10, 11 bis 13, 14 bis 21. Bei den Stäben mit angeschweißten Doppellaschen, Abb. 14 bis 21, wurden die Stabhälften, auf die man die Laschen schweißte, stumpf zusammengestoßen. Der Bruch erfolgte stets über die Laschen, wenn diese ringsum angeschweißt waren.

Abb. 14 bis 21. Probestäbe mit ringsum angeschweißten Doppellaschen.

Kaltbiegeproben.

Unter allen Probearten ist die Kaltbiegeprobe die einfachste, sie wird auch häufig angewendet; man denke an die Schraubstockproben der Handwerker. Auf das Ankerben des geschweißten Probestabes auf einer Seite mittels des Meißels sollte meines Erachtens verzichtet werden. Zunächst kommt es nicht darauf an, wie sich die angekerbte, sondern darauf, wie sich die vom Schweißer gelieferte Naht verhält. Zudem sind Nähte, die nicht ganz durchgeschweißt sind, an und für sich schon mit Kerben behaftet; gerade das besondere Verhalten solcher Stäbe soll sich bei der Probe äußern.

Bei richtig vorbereiteten Probestäben müssen Anfang- und Endstelle der Schweißnaht durch Bearbeitung abgetrennt werden, wobei der Probestab in der Breite vermindert wird. Sodann sind die Kanten gut abzurunden, die beim Schweißen verdickte Naht ist durch Bearbeitung der Staboberfläche eben zu machen, Abb. 22 bis 28. Die Stellung der Naht hinsichtlich ihres Profiles gegen den Dorn ist nicht gleichgültig. Ich empfehle, Stäbe mit V-Nähten nacheinander nach Abb. 27 oder nach Abb. 28 zu lagern.

Geprüft wurden 264 Biegeprobestäbe von 10, 17 und 25 mm Dicke. Zur Prüfung diente eine durch Druckwasser bewegte Prüfmaschine. Dabei war die Dorndicke gleich der Stabdicke, die Entfernung der Auflagerstellen betrug 105 mm. Wie man weiß, wird die Auflagerentfernung in verschiedenen Prüfanstalten verschieden angenommen. Sie sollte vereinheitlicht werden. Eine Maschine zum Falten von Stäben sollte so gebaut sein, daß sich stets die gezogene Seite des Stabes dem Auge des Beobachters darbietet: Dornbewegung daher von unten nach oben.

Kerbschlagproben.

Man hat erkannt, daß die Stoßfestigkeit vom Arbeitsvermögen des Metalles und von dem die Arbeit aufnehmenden Stoffvolumen[3]) abhängt. Die Schlagarbeit (in mkg)

[1]) Bei früheren Versuchen des Schweizerischen Vereins von Dampfkesselbesitzern waren die Nähte verdickt. Jahresbericht 1914, Anhang IV: Versuche mit autogen geschweißten Kesselblechen. Jahresbericht 1921, Anhang (unter Mitwirkung des Schweizerischen Azetylenvereins): Versuche mit autogen und elektrisch geschweißten Kesselteilen; Sonderabdruck Speidel & Wurzel, Zürich 6.

[2]) Experiments on the Application of electric Welding to large Structures; Westcott Stile Abell, London 1919, und andere Quellen.

[3]) Diese Ansicht ist zuerst von F. Schüle (Zürich) vertreten worden. Eingehend haben sich seither mit der Frage der Kerbschlagprobe befaßt Dr.-Ing. M. Moser („Stahl und Eisen" Bd. 42 (1922) S. 90) und Dr. P. Fillunger (Schweiz. Bauztg. 24. November und 1. Dezember 1923).

Abb. 8 bis 10. Überlappt geschweißte Probestäbe.

Abb. 11 bis 13. Probestäbe mit einseitig angeschweißter Lasche.

Abb. 22 bis 28. Elektrisch geschweißte Biegeprobestäbe; verschiedene Belastungsart.

Abb. 29 bis 35. Elektrisch geschweißte Kerbschlag-Probestäbe.

kann nicht in einfache Abhängigkeit vom Schlagquerschnitt (in cm^2) gebracht werden. Infolgedessen dürfen bei der Prüfung von Stäben verschiedener Breite nur die gleich breiten hinsichtlich der Kerbzähigkeit untereinander verglichen werden, auch wenn die Höhe des Schlagquerschnittes stets die gleiche ist. Immerhin scheint ein gewisses einfaches Verhältnis von Schlagarbeit zu Schlagquerschnitt für Stabbreiten von 10 bis 20 mm vorzuliegen.

Der Probestab ist in gleicher Weise vorzubereiten, wie früher beschrieben: Verdickte Stellen sind glatt zu bearbeiten, die Endstellen der Naht wegzuschneiden. Bei unsern Versuchen war jedes zu Schweißproben bestimmte Blechstück 120 mm breit, Abb. 29; aus seiner Mitte heraus wurden je drei Probestäbe von 20 mm Breite herausgeschnitten, Abb. 29 bis 35, insgesamt 417 Stäbe bei einer Blechdicke von 10, 17 und 25 mm.

Bei der Anordnung der Kerbe ist auf die Stellung, in der der Stab dem Hammer dargeboten wird, Rücksicht zu nehmen. Es ist üblich, die Kerbe 5 mm tief zu machen, in ihrem Grunde wird ein Loch von 4 mm l. W. gebohrt. Sie muß mit ihrer Längsachse in der Symmetrieebene des Nahtprofils liegen, sonst verliert dieses die ihm zukommenden besondern Festigkeitseigenschaften; gerade diese sollen bei der Prüfung in die Erscheinung treten. Die Anordnung des Loches ist in Abb. 34 und 35 erkennbar. Der Stab wird dann so aufgelegt, daß der Hammer in Richtung der Naht aufschlägt, die Walzhaut des Stabes liegt senkrecht zum Widerlager. Die bearbeiteten Flächen sind schraffiert.

Verwindungsproben.

Bei Anlaß der Versuche von 1914 sind einige autogen geschweißte Probestäbe von quadratischem Querschnitt verwunden worden. Mit dem Ergebnis läßt sich aber im Kessel- und Behälterbau nicht viel anfangen, da eine solche Beanspruchung dort nicht vorkommt. [B 260]

Die Arbeit wurde im Einverständnis mit dem Verfasser dem Obmann des Ausschusses für Schweißtechnik beim V. d. I., Reichsbahnoberrat Füchsel, vorgelegt. Dieser hat sich laut nachstehender Zuschrift geäußert.

Die Arbeit Höhns wird zu einer Zeit bekannt, in der die Schweißfachleute geradezu gedrängt werden, sich mit der Frage, wie die Prüfung von Schweißarbeiten durchzuführen ist, zu beschäftigen. Es mag der Hinweis am Platze sein, daß die gestellte Aufgabe eine zweifache Lösung verlangt. Der eine Kreis von Interessenten: Konstrukteure, Aufsichtsbehörden u. dergl., hat die Bewertung der verschiedenen Schweißverfahren für die Herstellung eines Bauteiles für bestimmte Betriebsbeanspruchungen im Auge. Der andere Kreis: Betriebsleiter für laufende Fertigung und Ausbesserarbeiten, wünscht die Hilfsmittel der Arbeitsprüfung der von seinem Werkpersonal ausgeführten Schweißarbeiten, für die der Konstrukteur die Betriebsbeanspruchung und zumeist auch das Arbeitsverfahren bezeichnet hat, kennen zu lernen. Der erste Kreis verfügt in der Regel über umfangreiche Prüfeinrichtungen eines Laboratoriums; der zweite ist auf ein einfaches Gerät, wie es die Werkstatt besitzt oder sich leicht beschaffen kann, angewiesen.

Der Zustand des eingeschweißten Stoffes (eigentliches Schweißgut), der Zustand der Übergangzone (eigentliche Naht), der Zustand der angrenzenden Zone (Einflußzone der Schweißhitze) und die Beschaffenheit der Oberfläche (Schweißhaut) bedingen, daß der Verlauf der mechanischen Güteprüfung im Zugversuch und Biegeversuch, die über Festigkeit und Zähigkeit der Verbindung Auskunft geben, sich nicht so regelmäßig gestaltet, wie es bei der Prüfung von ungeschweißten Proben gleichmäßiger Werkstoffbeschaffenheit der Fall ist. Der Arbeitsprüfer muß sich damit abfinden. Es ist nicht angängig, der Probe für die Arbeitsprüfung eine andere Beschaffenheit zu geben, als wie sie in der betriebsmäßig auszuführenden Arbeit vorliegt.

Aus zahlreichen Untersuchungen von Schweißarbeiten, in denen die Zugfestigkeit und der Biegewinkel beim Faltversuch ermittelt wurde, ist bekannt, daß die Größe des erreichten Biegewinkels einen hinreichend genauen Schluß auf die vorhandene Zugfestigkeit zuläßt; daher wird sich der Arbeitsprüfer in vielen Fällen begnügen können, den Faltversuch nach Din 1605 mit seinen Werkstattprüfmitteln durchzuführen und festzustellen, ob der erreichte Biegewinkel innerhalb der Anforderungen des Bestellers liegt. Ist der zu prüfende Bauteil Stoffbeanspruchungen betriebsmäßig ausgesetzt, so tritt an die Stelle des einfachen Biegeversuchs zweckmäßig der Schlagbiegeversuch am fertigen Stück als Stichprobe.

Etwas anders liegt die Aufgabe für den Prüfingenieur, der die Frage des Konstrukteurs beantworten soll, welches Schweißverfahren für einen gegebenen Verwendungszweck die günstigsten Werte für Festigkeit und Zähigkeit der Verbindung liefert. Auch er wird sich zunächst des Zugversuchs und des Faltversuchs nach Din 1605 bedienen. Wenn auch in seiner Probe die Beschaffenheit der Schweißstelle mit derjenigen, die dem zu prüfenden Schweißverfahren von sich aus zukommt, eigentlich übereinstimmen sollte, kann hier wohl ein Zugeständnis zugunsten eines gleichmäßigen prismatischen oder zylindrischen Querschnitts der Probe am Platze sein, um die genaue Auswertung des Zerreißversuchs zu erleichtern.

Eine absichtliche Schwächung des Probenquerschnitts an der Schweißstelle möchte ich nicht für notwendig halten, weil der hier seines Amtes waltende fachkundige Materialprüfer in der Lage ist, außerordentliche Erscheinungen, die beim Versuch an der Probe auftreten, zu beurteilen und wenn nötig unter Heranziehung der Gefügeuntersuchung aufzuklären. Streckgrenze, Dehnung und Querschnittverminderung werden zweckmäßig zur Vervollständigung des Verhaltens beim Zugversuch zu beobachten sein, zu bewerten jedoch nur im Zusammenhang mit den anderen Prüfergebnissen. Die Anwendung des Kerbschlagversuchs hat gegenüber der des Schlagbiegeversuchs den Nachteil, daß einer einzelnen Fehlstelle in der Schweißzone eine größere Bedeutung zugemessen wird, als ihr innerhalb der ganzen Schweißstelle zukommt.

Die Aufgabe, Prüfverfahren für die Bewertung verschiedener Schweißverfahren und Grundsätze für die Arbeitsprüfung von Schweißarbeiten aufzustellen, hat der jüngst ins Leben gerufene Fachausschuß für Schweißtechnik im V. d. I. in seinen Arbeitsplan aufgenommen. Die in der Arbeit Höhns vertretenen Anschauungen werden zweifellos von diesem Ausschuß und anderen Fachkreisen mit Aufmerksamkeit verfolgt werden. Im Benehmen mit dem Herrn Verfasser veröffentliche ich gleichzeitig mit

seiner Arbeit obige Mitteilungen über Prüfverfahren, die in einigen deutschen Schweißbetrieben eingeführt sind, und möchte wünschen, daß weitere Kreise ihre Anschauungen zu dem behandelten Thema bekanntgeben.

Füchsel, Reichsbahnoberrat.

Die Zuschrift des Herrn Reichsbahnoberrats Füchsel lege ich dahin aus, daß er mit mir einig geht, daß, soll zuverlässig geschweißt werden, eine regelmäßige Nachprüfung des Arbeitserzeugnisses vorgenommen werden muß. Wöchentlich sollte geprüft werden, was jeder Schweißer leistet. Hierzu genügen Schraubstockproben. Es wäre noch zu untersuchen, welches die zweckmäßigste Form des Probestabes ist, und ob eine solche als einheitlich empfohlen werden könne.

Die Güte einer Schweißnaht, namentlich einer elektrisch geschweißten, hängt in erster Linie von der Art der Elektroden ab. Die Elektrode bildet den Angelpunkt der elektrischen Schweißung. Die Versuche des Schweizerischen Vereins von Dampfkesselbesitzern (1923) zeigen erhebliche Unterschiede in der Güte von Eisen, das unter Verwendung von nackten, mit Pasten behafteten und umwickelten Elektroden beim Schweißen elektrisch niedergeschmolzen wurde. Obwohl sich die elektrische Schweißung als billiger erwiesen hat als die autogene und namentlich billiger als die Nietung, begeht man den Fehler, daß man weiter zu verbilligen sucht, also minderwertige Elektroden benutzt, statt das oberste Ziel, hohe Festigkeitseigenschaften der Naht, zu verfolgen und nicht aus den Augen zu lassen. Ähnliches wäre zu sagen mit Bezug auf Schweißaggregate. Für den Schweißer ist die Hantierung der Elektroden am einfachsten und daher sein Arbeitserzeugnis am zuverlässigsten, wenn Gleichstrom angewandt wird.

Nach meinem Ermessen sollten Kessel und Gefäße, die unter Verwendung von nicht umwickelten oder von metallurgisch nicht geeigneten Elektroden geschweißt sind, behördlich nicht abgenommen werden. Die Voraussetzung dafür, daß das Arbeitserzeugnis etwas taugt, ist die Erfüllung aller für den Erfolg als wesentlich erkannten Vorbedingungen.

Höhn.

Verstärken der Flammentemperatur durch den elektrischen Lichtbogen.

Der pyrelektrische Vorgang ist ein Vereinigen des elektrischen Lichtbogens mit Brennstoffen, die gasförmig, flüssig oder pulverisiert in den Lichtbogen eingeführt werden. Die in eine Feuerungsröhre eingebaute Elektrode wird „Pyrelektrode" genannt. Die Verbrennungsenergie und die elektrische Energie sind beim pyrelektrischen Vorgang in der Weise vereinigt, daß die Brennstoffe 80 bis 90 vH der Gesamtwärme liefern und der elektrische Lichtbogen den Rest.

Neben dem Hauptkennzeichen dieses Verfahrens, dem Vereinigen der Brennstoffenergie mit geringer elektrischer Energie zum Zwecke des Überhitzens gibt es noch eine ganze Reihe andrer hervorzuhebender Punkte. Vor allem wird hohe Spannung und geringe Stromstärke, an Stelle geringer Spannung und hoher Stromstärke, angewendet, wozu besondere Umformer, wie bei den gewöhnlichen elektrischen Öfen, notwendig sind. Ein weiterer wichtiger Punkt ist, daß Temperaturen erreicht werden, die einerseits über der der Brennstoffverbrennung, anderseits unter der des elektrischen Lichtbogens liegen. Ein andrer Vorteil der Flamme ist, daß die größte Hitze am Arbeitsplatz selbst herrscht, während das elektrische Schmelzen allein wegen der oxydierenden Wirkung und wegen der daraus folgenden Zerstörung der Elektroden unwirtschaftlich ist. Für ein wirksames Arbeiten ist es erforderlich, daß die Flammen größeren Spielraum haben wie in gewöhnlichen Öfen, und daß jede Flamme genügende Schnelligkeit hat, wodurch eine schwach blasende Wirkung entsteht, die den Bogen am Abbiegen hindert.

Der Bogen erscheint als ein lebhafter, ziemlich gerader, klarer Feuerstrom, umgeben von der schwach leuchtenden Glut der Verbrennungsflamme. Durch den elektrischen Lichtbogen werden Temperaturen erreicht, die weit über den durch Luftverbrennung jeder Menge unsrer wirksamsten Brennstoffe erreichten Temperaturen liegen. Die Temperatur des Kohlenstoffbogens liegt über 3600 °C, während die höchste durch Kohle oder Ölverbrennung 1800 °C ist. Wo der elektrische Lichtbogen mit der Verbrennungsflamme vereinigt wird, kann die wirksame Temperatur der vereinigten Flamme in jeder gewünschten Höhe erreicht werden. Das Erhitzen erfolgt leicht und schnell.

Von Bedeutung ist ferner die große Beschleunigung der Oxydation durch den elektrischen Bogen und die dadurch erreichte Verstärkung der freiwerdenden Wärme und der Verbrennung. Wird das Beheizen des Ofens mit einer starken Flamme begonnen und dann der elektrische Strom eingeschaltet, so wird die Flamme um mehr als die Hälfte gekürzt, und der Lichtbogen erreicht seine größte Wirkung, wobei die Temperatur um mehrere hundert Grade erhöht wird.

Abb. 1 zeigt eine einzelne Pyrelektrode, Abb. 2 und 3 zeigen die allgemein gebräuchliche dreiteilige Ausführung. Jede Einheit ist eine einfache Zusammensetzung von Rohren mit einem inneren Gleitrohr für den Elektrodenkörper und einem äußeren Rohr, durch das das Brennstoff- und Luftgemisch zugeführt wird; ein isolierender Stoff verbindet die Rohre. Jede Pyrelektrode ist in ein Lager aus schwer schmelzbarem Metall eingebaut. Die stärkste Temperatur tritt an der Elektrodenspitze weit entfernt vom Rohr auf, so daß dieses geschützt ist. Bei dem Verwenden von flüssigem Brennstoff ist die Pyrelektrode so gut durch die Flüssigkeit gekühlt, daß gewöhnliche Stahlrohre mit eiserner Ausrüstung angewandt werden können. Für pulverisierte Kohle oder leuchtgashaltige Brennstoffe müssen die Rohre aus schwer schmelzbarem Stoffe sein. In allen Fällen wird die Zusatzluft oder die Brennstoff tragende Luft, die außerdem bei der Verbrennung eingeführt wird, rund um die Elektroden geleitet, wodurch die Einheiten genügend gekühlt werden.

In den pyrelektrischen Öfen wird die elektrische Überhitzung mit der Brennstoffverbrennung in einem Brennpunkte des Ofens vereinigt, während in den gewöhnlichen Großelektrodenöfen die Brennstoffverbrennung von den Elektroden getrennt werden muß, damit diese nicht oxydieren. In dem Schachtofen ist das Vereinigen der pyrelektrischen Wärme im Brennpunkte von entscheidendem Vorzug, indem das Zusammensintern in der Schmelzzone verhindert und die Wirksamkeit des Wärmeüberganges auf endotherm reagierende Körper bei Reduktionsvorgängen vergrößert wird.

Die verhältnismäßig kleinen Elektroden, die für die hochgespannten, aber schwachen Ströme der Pyrelektroden verwendet werden, sind teils in noch nicht entzündete Brennstoffe und teils in reduzierende Flammen eingetaucht; sie werden dadurch nur langsam verbraucht. Da Spannungen von 600 bis 6000 V anwendbar sind und die Hauptmenge der Energie vom Brennstoff geliefert wird, können Elektrodenstäbe von wenigen Zentimetern Durchmesser verwendet werden. („Chem. and Met. Engineering" Bd. 31 Heft 1.) [M 613] Gw.

Abb. 1. Pyrelektrode für Oelfeuerung.
a Lichtbogen *b* Brennstoffflamme *c* Elektrode *d* noch nicht entzündetes Brennstoff-Luft-Gemisch *e* Zuführung des Brennstoffes und der Primärluft.

Abb. 2 und **3.** Dreiteilige Pyrelektrode.

R U N D S C H A U.

Aus dem Ausland.

Technische Mechanik.

Neue Versuche an Windmühlenmodellen.

In einem neueren Werk des bekannten französischen Ingenieurs G. Eiffel[1]) sind bemerkenswerte Windkanal-Versuche an einigen Windmühlenmodellen beschrieben, die mit Nutzen zur Beurteilung der vielen neuen, gegenwärtig wie Pilze aufschießenden Vorschläge für den Betrieb von Windmühlen herangezogen werden können.

Wir greifen aus dem Versuchsmaterial nur einige kennzeichnende Kurven heraus, die sich insbesondere auf den Einfluß der Flügelzahl auf Leistung, Drehzahl usw. beziehen. Abb. 1 bis 3 zeigen schematisch drei Modelle, ein amerikanisches Rad mit 12 gewölbten Schaufeln, ein holländisches vierflügeliges Rad und einen zweiflügeligen Motor, dessen Flügelprofile ähnlich wie bei Luftschrauben geformt sind. Die in Abb. 4 und 5 mitgeteilten Ergebnisse beziehen sich auf Versuche mit derart eingestellten Steigungswinkeln, daß eine möglichst hohe Leistung dem Luftstrom entnommen wird.

Bekanntlich lehrt eine Anwendung des Impulssatzes[2]), daß die Höchstleistung, die ein Windrad vom Durchmesser D (gewöhnliche Scheibenform) einem Luftstrom von der Geschwindigkeit v entnehmen kann, gleich ist:

$$L_{max} = \frac{16}{27} \frac{\varrho}{2} v^3 \frac{\pi}{4} D^2;$$

ϱ ist dabei die Luftdichte.

Tatsächlich wird etwas weniger erreicht, in dem Unterschied drücken sich die Reibungs- und Wirbelverluste aus.

Man kann deshalb allgemein schreiben:

$$L = c_l \frac{\varrho}{2} v^3 \frac{\pi}{4} D^2$$

Die Beiwerte c_l sind nun in Abb. 4 und 5 über dem Verhältnis $\frac{\text{Umfangsgeschwindigkeit}}{\text{Windgeschwindigkeit}} = \left(\frac{u}{v}\right)$ aufgetragen. Der Wert von $\frac{u}{v}$, bei dem c_l einen Höchstwert erreicht, ist ein gutes Maß für die „Schnelläufigkeit" des Rades und besonders beachtenswert für den Erbauer, da bei ein und derselben Leistung die wohl stets erforderlichen Getriebe bei höheren Drehzahlen naturgemäß erheblich leichter und billiger werden. Neben den c_l-Kurven ist noch ein Beiwert aufgetragen, der das Anfahrdrehmoment nach der Formel zu berechnen gestattet:

$$M_0 = c_{d_0} \frac{\varrho}{2} v^2 \frac{\pi}{4} D^2 \frac{D}{2}$$

Es fällt sofort auf, daß die Erhöhung der Flügelzahl die Leistung nicht etwa vergrößert, sondern im Gegenteil etwas herunterdrückt. Dies ließe sich vielleicht durch Anwendung andrer Flügelprofile mildern; ein Nachteil ist aber unabänderlich: die bedeutend geringere Drehzahl des vielflügeligen Windmotors. Es ist keine Rede davon, daß etwa der Wind „zwischen den Flügeln" des propellerähnlichen Rades, ohne Arbeit abzugeben, durchbläst. Die Verhältnisse liegen genau wie bei der Kaplan-Turbine, wo durch die vergrößerte Umfangsgeschwindigkeit doch die ganze Flüssigkeit, die durch die Radscheibe streicht, für die Arbeitsabgabe erfaßt wird.

So gut die zweiflügeligen Räder nach diesen Ergebnissen[3]) auch dastehen, so schlecht sind sie bezüglich des Anfahrmomentes, wenn nicht besondere Vorkehrungen wie Flügelverdrehungen usw. getroffen werden. Es rührt dies einesteils von der kleinen Flügelfläche her, verschlimmernd wirkt aber zweitens die durch die hohe Umfangsgeschwindigkeit bei Vollast bedingte geringe Steigung. In manchen Fällen, z. B. in landwirtschaftlichen Betrieben, hat dieser Nachteil die Anwendung vieler Flügel zur Folge. Windkraft-Elektrizitätswerke sind hier weniger benachteiligt, es ist sogar denkbar, daß der Motor elektrisch „angeworfen" werden kann.

Des öfteren vernimmt man Vorschläge, Rotoren[4]) an Stelle der Flügel zu verwenden; nicht selten liegt die Meinung zugrunde, daß dadurch die Höchstleistung erhöht werden könnte. Die oben erwähnte Impulsbetrachtung zeigt aber schon dadurch, daß sie keinerlei Annahmen über die Ausbildung der Zirkulationsträger (Flügel, Rotoren usw.) macht, daß hier ein Irrtum vorliegt. Man kann leicht zeigen, daß ein Ersatz der Flügel durch gleich große Rotoren aerodynamisch einer Vergrößerung der Flügelzahl gleichwertig ist. Der Rotor-Motor ist also ein Langsamläufer mit großem Dreh- und Anfahrmoment. Die Nachteile der Langsamläufer sind oben schon erwähnt worden, für die Wahl der Drehwalzen können also nur Nebengründe sprechen wie leichte Regelbarkeit, Sturmsicherheit usw., die immerhin bei guter Konstruktion die Wettbewerbfähigkeit sichern könnten. [M 753]

Göttingen. J. Ackeret.

[1]) „Etudes sur l'Hélice Aérienne". Paris, E. Chiron.

[2]) A. Betz, Zeitschr. f. d. ges. Turbinenwesen Bd. 17 (1920) S. 307. W. Hoff, Zeitschr. f. Flugtechn. u. Motorluftschiffahrt Bd. 11 (1920) S. 223. Eine elementare Darlegung findet man in dem Buch: Windenergie von A. Betz, Göttingen. Vandenhoeck und Ruprecht.

[3]) In der aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen ausgeführte Versuche bestätigen dieses Verhalten.

a b c

Abb. 1 bis 3. Die untersuchten Windmotoren.
a amerikanisches Rad mit zwölf gewölbten Schaufeln
b holländisches vierflügeliges Rad c zweiflügeliges Rad.

Eisenbahnwesen.

Neuer elektrischer Triebwagen der Berner Alpenbahn.

Die Berner Alpenbahn betreibt neben der bekannten Durchgangstrecke Bern—Thun—Lötschbergtunnel—Brig, die vom Beginn ihres Betriebes ab (1913) ihren gesamten Dienst durch elektrische Fahrzeuge besorgen läßt, noch Zweigstrecken wie Bern—Schwarzenburg, Spiez—Erlenbach—Zweisimmen, Spiez—Interlaken und die ehemalige Gürbetalbahn Bern—Belp—Thun. Für diese, als „Bernische Dekretsbahnen" bekannten Linien wurden bisher nur elektrische 1 B - B 1-Personen- und Güterzuglokomotiven verwendet. Die elektrische Ausrüstung dieser Lokomotiven hat sich in fünfjährigem Betriebe sehr gut bewährt, und es lag der Gedanke nahe, auch für Motorwagen einen ähnlichen Aufbau von Triebwerk und elektrischer Ausrüstung zu wählen.

Der in Abb. 6 und 7 gezeigte neue Motorwagen ist eine Vereinigung von Lokomotive und Personenwagen nach Art der Burgdorf—Thun-Wagen vom Jahre 1921[5]). Das Triebgestell mit der Achsanordnung 1 B hat eine führende Adamsachse mit Keilrückstellung und zwei fest im Rahmen gelagerte Treibachsen, die unter sich und mit einer Blindwelle durch Schlitzkuppelstangen verbunden sind. Die Kuppelstangen haben an den Köpfen, die an die Treibrad-Kurbelzapfen angreifen, gewöhnliche Büchsenlager, während das mittlere Gleitlager beiderseitig mit Keilen versehen ist und genau eingestellt werden kann. Die Federung der Laufachse liegt oberhalb, die der Treibachsen unterhalb der Lager. Zwischen der Federung der Laufachse und der ihr benachbarten Kuppelachse sind Ausgleichhebel angeordnet. Die Lager der Blindwelle haben den sehr reichlich bemessenen Durchmesser von 200 mm bei je 250 mm Länge. Sie sind mit einer Keilnachstellung versehen, damit sowohl der Abstand von Blindwelle und Kuppelachsen, als auch der Zahneingriff des Blindwellen-

[4]) Drehwalzen.

[5]) Z. Bd. 67 (1923) S. 163.

Abb. 4 und 5. Versuchsergebnisse, Beiwerte c_l in Abhängigkeit von $\frac{u}{v}$ und c_{d_0}.
a Windmotor mit 12 Flügeln c Windmotor mit 2 Flügeln
b Windmotor mit 4 Flügeln d Theoretischer Höchstwert.
Rechts Beiwerte c_{d_0}.

Abb. 6 und 7. Elektrischer Triebwagen der Berner Alpenbahn.

Zahnrades mit dem Motorritzel genau eingestellt werden kann. Die Blindwelle trägt zwei Zahnräder, je eines auf jeder Fahrzeugseite, deren Naben aus Stahlguß bestehen, die auswechselbare, geschmiedete, warm aufgezogene Kränze von 140 mm Breite aus SM-Stahl tragen. Es ist Schraubenverzahnung gewählt worden. Wie die Zahnräder, so haben auch die Motorritzel keine besondere Federung. Die Übersetzung beträgt 1 : 3,78.

Das Motorgehäuse ist mit dem Rahmen organisch verbunden, wird durch einen Lüfter gekühlt und enthält einen Einphasen-Reihenschlußmotor mit Kompensationswicklung und phasenverschobenem Wendefeld, Bauart Oerlikon. Seine Dauerleistung beträgt 400 PS bei 405 V und 640 Uml./min. Bei gleicher Spannung leistet er im Stundenlauf 518 PS bei 580 Uml./min. Der Drehsinn wird gewechselt durch einen elektropneumatisch betriebenen Wendeschalter, der auf dem Motorgehäuse sitzt und die Erregerwicklung umschaltet. Der Motor wird über einen Stufentransformator mit besonderer Luftkühlung mit Einphasenstrom von 15 000 V bei 16⅔ Pers./s aus der Fahrleitung gespeist.

Die Steuerung ist als Vielfachsteuerung mit selbsttätiger Beschleunigung, Bauart Maschinenfabrik Oerlikon, ausgeführt. Da das Fahrzeug einmännig gefahren wird, hat die Steuerungseinrichtung die bekannte Totmann-Auslösung. Neu ist hierbei, daß hierfür nicht die übliche Fahrschaltertaste verwendet wird, sondern lediglich ein Fußhebel am Standort des Führers, der bei treibendem Motor ständig niedergedrückt sein muß. Läßt der Druck nach, so öffnet sich innerhalb einer bestimmten Zeitspanne der Motorstromkreis, und die Druckluftbremse fällt ein. Drückt der Führer jedoch innerhalb dieser Zeitspanne einen auf der andern Seite des Führerstandes angebrachten Druckknopf, so unterbleiben Ausschalten und Einleiten des Bremsens. Diese Anordnung soll dem Führer das Wechseln des Standortes bei Verschiebebewegungen ermöglichen.

Der mit dem Triebgestell durch Kurzkupplung verbundene Personenwagen ruht auf der Triebgestellseite auf einer einzelnen Lenkachse, auf der andern Seite auf einem zweiachsigen Drehgestell mit quergefederter Drehpfanne. Der Wagenkasten enthält zwei, durch einen Mitteleinstieg getrennte Abteile dritter Klasse von je 30 Sitzplätzen. Außerdem ist hier ein Gepäckraum mit fünf weiteren Sitzplätzen und ein abgeschlossenes Führerabteil vorhanden. Das Fahrzeug kann also in jeder Fahrtrichtung betrieben werden. Zur besseren Stromabnahme ist auch dieser Wagen mit einem besonderen durch Druckluft gesteuerten Scherenstromabnehmer versehen.

Die Gesamtlänge des Fahrzeuges beträgt 21,85 m über Puffer, das Gesamtgewicht 60,1 t, wovon 15,4 t auf den elektrischen Teil entfallen. Das Reibungsgewicht beträgt 25,5 t, der Treibachsdruck je 12,75 t. Die normale Geschwindigkeit beläuft sich auf 35 km/h, die größte 65 km/h. [M 598] A. Marschall.

Meßtechnik.

Fehlerquellen bei Feuchtigkeitsmessungen.

Eine eingehende Untersuchung über Anzeigefehler des feuchten Thermometers bei Luftfeuchtigkeitsmessungen bringen Carrier und Lindsay in „Refrigerating Engineering" Bd. 11 (1925) Heft 7. In einer Versuchsreihe wird zunächst die der thermodynamischen Gleichgewichtsbedingung entsprechende Temperatur verwirklicht, dann wird der Einfluß der Strömgeschwindigkeit der Luft und der Temperatur selbst auf die Anzeige geprüft. Das Ergebnis ist eine Kurvenschar, Abb. 8, nach der der Fehler meist gering, aber z. B. für Messungen in Kühlräumen bei sehr geringer Luftgeschwindigkeit erheblich wird. Der Grund hierfür ist im wesentlichen die Einstrahlung.

Bemerkenswert scheint nach dem Versuchsbericht die Genauigkeit der Messungen und der Aufwand an Mitteln.
[M 469] Dr. L.

Abb. 8. Anzeigefehler des feuchten Thermometers.
Die Luftgeschwindigkeit ist auf 20° C umzurechnen:
$$v_{20} = v_t \frac{293}{273 + t}.$$

Materialprüfung.

Schwingungsfestigkeit verschiedener Stahlsorten[1]).

In der Gegenwart werden immer häufiger Maschinen ausgeführt, bei denen einzelne Teile mit großer Geschwindigkeit umlaufen. Infolgedessen tritt häufig der Fall auf, daß Konstruktionsteile der Maschinen schnellen Schwingungsvorgängen unterworfen werden; solche Teile brechen dann oft nach einer gewissen Zeit der Beanspruchung. Das Aussehen der entstehenden Bruchflächen läßt den Schluß zu, daß die gleichen Verhältnisse vorliegen wie bei einer rasch die Richtung wechselnden äußeren Beanspruchung des Stückes oder bei sich wiederholenden Stößen.

Durch Versuche ist die zerstörende Wirkung schneller Schwingungen dadurch untersucht worden, daß Probestücke von Bolzenform aus verschiedenen Werkstoffen (Stahlsorten) in raschem Wechsel senkrecht zur Achse durch Druck und Zug beansprucht wurden. Abb. 9 zeigt schematisch die Versuchsanordnung. Die Mitte des Probestückes ist im Lagerklotz f festgeklemmt; die

[1]) M. L. Jannin, Revue de Métallurgie Bd. 21 (1924) S. 742.

Abb. 9. Versuchsanordnung zur Ermittlung der Schwingungsfestigkeit verschiedener Stahlsorten.
a Schwungrad *b* Doppelhebel *c* u. *f* Lagerklötze
d Grundplatte.

Enden sind durch passende Löcher in den beiden Hebelarmen *b* geführt. Der Schwerpunkt des Schwungrades *a* liegt, infolge einer Einkerbung am Rande, nicht in der Drehachse. Wird das Rad durch einen Motor in Umdrehung versetzt, so werden die Enden des Probestückes mit der Periode der Drehung stark beansprucht. Die Probestücke waren Zylinder von 11 cm Dmr. und von etwa 10 cm Länge. Geprüft wurden Stahlsorten mit verschiedenen Gehalten an Kohlenstoff, Nickel, Chrom, Mangan, Silizium usw.

Beobachtet wurde die Zeit, die verging, bis der Bruch erfolgte, wobei die Umdrehungszahlen 3000 bis 4500 Uml./min betrugen. Die Ergebnisse sind in Zahlentafeln niedergelegt; das wiedergegebene Material ist jedoch wenig umfassend. Der Einfluß folgender Faktoren auf die Schwingungsfestigkeit wurde untersucht:

1. Einfluß der Elastizitätsgrenze. Die Zeit bis zum Bruch wächst mit der Elastizitätsgrenze.

2. Einfluß von Spielraum des Probestückes in den Löchern des Doppelhebels. Durch einen Spielraum des Probestückes wird die Bruchzeit sehr verkürzt. Z. B. brach ein Stahl von 2 vH Nickel bei 3000 Uml./min und einem Spielraum von 1 mm nach 4½ min, bei einem Spielraum von 0,4 mm nach 250 min, während er bei fehlendem Spielraum nach 52 h noch unversehrt war. Es wird darauf hingewiesen, daß hierbei für den Bruch die Stöße verantwortlich sind, die das Probestück infolge seiner beschränkten Bewegungsmöglichkeit beim Richtungswechsel der Beanspruchung erleidet.

3. Einfluß der Umdrehungszahl. Die Versuche bestätigen die theoretische Überlegung, daß die Schwingungsfestigkeit sehr stark von der Umdrehungszahl abhängt. Bei 4100 Uml./min wurden Bruchzeiten gemessen, die nur ½ bis ⅕ der Bruchzeit bei 3000 Uml./min betrugen. In einem Falle brach ein Probestück nach rd. 1 h bei 4100 Uml./min, während es bei 3000 Uml./min 52 h beansprucht werden konnte, ohne zu brechen.

4. Einfluß des Gefüges der Stahlsorten. Auffallende Unterschiede in der Schwingungsfestigkeit wurden gefunden, die mit der Kristallform in Zusammenhang stehen, die durch die verschiedene Behandlungsweise des Stahles bewirkt wird.

5. Einfluß der Form des Probestückes. Zylindrische Probestücke wurden untersucht, die Aussparungen haben, und festgestellt, daß die Schwingungsfestigkeit durch stumpfe statt rechtwinklige Übergänge wesentlich erhöht wird.

Andere Untersuchungen sollten feststellen, in welcher Weise die Zerreißung des Probestabes vor sich geht. Zu diesem Zwecke wurde die Versuchsmaschine angehalten, sobald sich ein Riß an der Oberfläche des Probestückes zeigte. Es wurde dann ein Dünnschnitt in einer senkrechten Ebene zur Achse in der Nähe des Risses hergestellt und dieser im Mikroskop untersucht.

Bei harten Stahlsorten läßt sich das Fortschreiten des Risses nicht untersuchen, da mit dem Auftreten des ersten kleinen Risses das Probestück auch schon bricht. Bei weichen Stahlsorten dagegen breitet sich der Riß langsam durch das Material aus; der Riß wird hierbei gewissermaßen von ungleichförmigen Stellen des Stoffes und solchen, wo sich Verunreinigungen befinden, angezogen.

Zum Schluß werden die Ergebnisse in die naheliegenden Beziehungen zur konstruktiven Praxis gebracht. Besonders wird auf die Bedeutung der Gleichförmigkeit und Reinheit des Materiales für die Schwingungsfestigkeit von Stahlsorten hingewiesen.

Friedenau. [M 543] Dr. G. Hoecke.

Kleine Mitteilungen.

Hochwasserschutz in Indianapolis.

Die Verbesserung des Hochwasserschutzes am White River, dessen Hochwasser 1913 großen Schaden angerichtet hatte, hat man jetzt wieder in Angriff genommen, nachdem zwei Teile davon bereits 1915 bis 1918 fertiggestellt worden waren. Dabei wird der Kanal zwischen dem White River und dem unteren Teile seines Nebenflusses Fall Creek erweitert und ausgerichtet. Der Kanal und der Fluß werden mit Dämmen eingefaßt, von denen der auf dem Westufer 8,5 km lang und 22 m breit ist und auf der Landseite mit 1 : 1,5 sowie auf der Flußseite mit 1 : 2,5 abfällt. Stellen, die ausgewaschen werden könnten, sind mit Beton verkleidet. Dieser Damm ist 1917 vollendet worden und hat 1 417 000 $ gekostet. Im letzten Jahre hat man beschlossen, den Damm südwestlich von Indianapolis um 2 km zu verlängern. In den auf rd. 3 Mill. $ geschätzten Baukosten sind auch die Kosten der Verbesserung und Verbreiterung von sieben Brücken, darunter fünf Eisenbahnbrücken, enthalten. Später soll noch ein Damm zwischen der Morris- und der Raymond-Straße, der zwei Straßenbrücken und eine Eisenbahnbrücke einschließt, in Angriff genommen werden. (Engineering News-Record 6. August 1925 S. 213*.) [N 882 a] Js.

Ausbau der Bostoner Postlandstraße.

Gegenwärtig werden 90 km der alten Bostoner Postlandstraße für den neuzeitlichen Verkehr ausgebaut. Die Straße wird mit einem Aufwande von 4,5 Mill. $ auf 12 m verbreitert und mit 25 cm dicker Betonschicht belegt, damit vier Wagen darauf nebeneinander fahren können. In der Mitte werden Schienen für Straßenbahnverkehr eingebaut. Die Kosten werden durch eine Anleihe und laufende Steuern aufgebracht. Zur Herstellung der Straßendecke, die an den Außenseiten Eiseneinlagen erhält, wird stellenweise Beton aus Portlandzement und Aluminazement verwendet, der schneller erhärtet.

Wie wichtig der Ausbau dieser Straße ist, kann man daran erkennen, daß im Juli 1925 an einem Tage 16 000 Personen- und Lastkraftwagen die Straße befuhren. (Engineering News-Record 6. August 1925 S. 220/21*.) [N 882 b] Js.

Geschleuderte Umdrehungskörper im Gebiete bleibender Formänderung.

Bereits mehrfach hat man die Frage angeschnitten, welche Beanspruchungen durch Fliehkräfte auftreten, wenn bei umlaufenden Körpern entweder im Betrieb oder bei der Herstellung die Drehzahl derart steigt, daß die Streckgrenze überschritten wird (Lasche, Stodola u. a.). Versuche haben bereits ergeben, daß dies bei Anwendung genügender Vorsichtsmaßregeln auch zulässig ist, da die Verfestigung des Werkstoffes mit steigender Beanspruchung ein stabiles Gebiet bleibender Formänderung zur Folge hat, innerhalb dessen die Überbeanspruchungen gefahrlos bleiben. Oberhalb dieses stabilen Gebietes der bleibenden Formänderung schließt sich ein labiles Gebiet an, das vermieden werden muß. Aus der statischen Kurve der Zugdehnungen eines gegebenen Werkstoffes hat F. Laszlò die Grenzen der genannten Gebiete für geschleuderte Ringe und Umdrehungskörper berechnet. (Z. f. angew. Mathematik u. Mechanik August 1925 S. 281.) [N 882 c] A.

Fräsen von Kettenrädern mit großer Teilung.

Zum Fräsen von Kettenrädern mit großer Teilung im Walzfräsverfahren sind Fräser von großem Durchmesser erforderlich, da sonst keine genügende Anzahl von Fräszähnen im Eingriff ist. Um an den Kosten eines großen Fräsers, der in einem vorliegenden Falle 170 mm Dmr. hätte haben müssen, zu sparen, haben die Illinois Tool Works, Chicago, einen Fräser benutzt, der für Kettenräder mit der doppelten Zähnezahl bestimmt war. Das ist möglich, wenn bei einem Rad für Blockketten die Zahnlücke 1½ Teilungen beträgt. (Machinery August 1925 S. 956*.) [N 882 d] A.

Benzin-elektrischer Kraftomnibus mit neuartiger Achsenanordnung.

Die Versare Corporation, Albany, N. J., hat eine neue Bauart von Kraftomnibussen durchgebildet, die außer durch ihre Länge von rd. 11,6 m durch ihre Achsenanordnung auffällt. Der Wagenkasten ruht ähnlich wie bei vierachsigen Eisenbahnwagen auf zwei Drehgestellen, die voneinander unabhängig kleine Kraftwagen-Untergestelle mit 1,4 m Achsstand bilden. Mittels der Steuerung kann man die Drehgestelle bis um 45° ausschwenken und hierdurch Bögen bis zu 14,5 m Dmr. am außenliegenden Rad befahren, wobei infolge eigenartiger Gelenkverbindungen die Räder des Drehgestelles unabhängig voneinander auf eigenen Drehkreisen rollen. Den Antriebstrom für die in der Längsachse der Drehgestelle angebrachten und über doppelte Rädervorgelege auf die Hinterachsen wirkenden Westinghouse-Elektromotoren für 175 V liefert eine Maschinengruppe, die aus einem Sechszylinder-Wau-

kesha-Motor von 110 PS bei 1700 Uml./min und einer 40 kW-Gleichstrom-Nebenschlußdynamo besteht und auch eine 32 V-Akkumulatoren-Batterie der Anlaß- und Lichtanlage versorgt.

Das Fahrzeug hat 44 Sitzplätze oder nach Ausbau einiger Sitze 52 Plätze, darunter 20 Stehplätze. Da es 5 t wiegt, scheint es allerdings trotz seiner verhältnismäßig guten Wendigkeit reichlich schwerfällig. (Electric Railway Journal 4. Juli 1925 S. 11/13*). [N 882 e] Sd.

Neuere Feuerlösch-Kraftfahrzeuge.

Für kleine Städte und Landbezirke hat die Firma Gwynnes Engineering Co., London, eine leichte Motorspritze erbaut, die auf den nur in einzelnen Teilen verstärkten Rahmen eines gewöhnlichen Personenwagens aufgesetzt ist. Die zweistufige Kreiselpumpe, deren Einlaß- und Auslaßstutzen hinten liegen, damit man sie bequem anschließen kann, liefert durch einen Auslaßstutzen rd. 540 l/min bei 5,6 at und 640 l/min durch beide Stutzen bei 4,2 at. Dies ergibt wirksame Strahlen von 20 bis 25 m Höhe. Der Motor hat 4 zusammengegossene Zylinder mit abnehmbarer Kappe von 56 mm Dmr. und 100 mm Hub und leistet bei 2000 Uml./min 15 PS. (Engineering 21. August 1925 S. 226/27*.)

Die jüngste Erwerbung der Londoner Feuerwehr ist ein Hilfswagen mit Verbrennungsmaschine und elektrischer Übertragung, der dazu dient, größere Balken und Trägerteile aus einem brennenden Hause zu entfernen, damit man den Brandherd erreichen kann, und zu diesem Zweck eine elektrische Schneidvorrichtung sowie zwei elektrische Bohrer, die an langen Kabeln befestigt werden, sowie eine fahrbare Sauerstoff-Azetylen-Schneidanlage mitführt. (The Engineer 21. August 1925 S. 193.) [N 882 f] Sd.

Kohlenstoff-Niederschläge in den Zylindern von Fahrzeugmaschinen.

J. W. Orelup und O. J. Lee haben die Bedingungen, unter denen sich Niederschläge von Kohlenstoff im Verbrennungsraum der Zylinder von Fahrzeugmaschinen bilden, näher untersucht. Diese Niederschläge bestehen nicht aus reinem Kohlenstoff, sondern zum größten Teil aus bituminösen Kohlenwasserstoffen neben einem zwischen 6 und 25 vH veränderlichen Anteil an mineralischen und metallischen Beimengungen. Zunächst wurden mit vier ganz neuen Kraftwagen unter genau gleichen Verhältnissen mit Bezug auf Brennstoff, Schmieröl, Fahrstraße und Vergasereinstellung Fahrversuche über insgesamt 19 310 km durchgeführt, wobei auch die Fahrer der Wagen wechselten. Die Kohlenstoff-Niederschläge waren jedoch hierbei so verschieden, daß man die Ergebnisse der Messungen nicht verwerten konnte. Daher wurden an einer Continental-Lastkraftwagenmaschine von 95,23 mm Zyl.-Dmr. und 127 mm Hub Prüfstandversuche durchgeführt, bei denen auch die Temperatur des Kühlwassers und die Viskosität des Schmieröls gleichförmig erhalten wurde. Aber auch bei diesen Versuchen, die bis auf 48 Stunden ausgedehnt wurden, ergaben sich große Unterschiede in der Menge der abgelagerten Kohle. Die stärksten Ablagerungen wurden aber beobachtet, wenn Öl in den Zylinderkopf eingedrungen war. Bei einer weiteren Versuchsreihe an dieser Maschine wurde daher große Sorgfalt darauf verwendet, das Eindringen von Öl in den Verbrennungsraum zu verhindern. Diese Versuchsreihe lieferte ziemlich stetige Ergebnisse und zeigte gleichzeitig, daß Änderungen im Mischungsverhältnis, insbesondere unvollständige Verbrennung des Brennstoffes, auf die Bildung des Kohlenstoff-Niederschlages keinen Einfluß ausübt, solange kein Öl in den Brennraum gelangt. (Industrial and Engineering Chemistry Juli 1925 S. 731/35*.) [N 882 g] H.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Grundriß der physikalischen Chemie für Studierende der Chemie und verwandter Fächer. Von A. Euken. 2. Aufl. Leipzig 1924, Akademische Verlagsgesellschaft. 505 S. m. 99 Abb. Preis 10 ℳ.

Bestimmend für die Anlage des Werkes ist der Standpunkt des Verfassers, daß die physikalische Chemie keine selbständige Disziplin sei, und die Absicht, „Studierende der Chemie . . . . . in die wichtigsten Betrachtungsweisen und Ergebnisse derjenigen Zweige der heutigen Physik einzuführen, die zur Chemie in naher Beziehung stehen".

Diese Einstellung des Verfassers wirkt sich in dem Buch in verschiedenartiger, aber immer interessanter Weise aus. Ihr ist wohl die glückliche Anordnung des Stoffes zu danken. In die drei Hauptgruppen: Physikalische Wärmelehre — Chemische Wärmelehre (einschließlich Elektrochemie) — Aufbau der Materie, ist der umfangreiche und vielgestaltige Stoff in logisch reizvoller und didaktisch einprägsamer Weise untergebracht. Es scheint beispielsweise beachtenswert, wie im Abschnitt Physikalische Wärmelehre in jeder Untergruppe (ideale Gase, ideale und einfache feste Körper, reale Gase, Flüssigkeiten usw.) die empirischen Grundlagen, thermodynamischen Beziehungen, kinetische Theorie und schließlich die Anwendungen jeweils nacheinander behandelt werden.

Die physikalische Einstellung des Verfassers führt aber anderseits zu einer Verteilung des Stoffes, die das Schwergewicht des Buches in nicht unbedenklicher Weise verschiebt. Rund ein Drittel des Werkes kommt auf den Abschnitt „Aufbau der Materie" und vermittelt — übrigens vorzüglich — in der Hauptsache die Ergebnisse der modernen Atomforschung, die in einem Grundriß der physikalischen Chemie sicher nicht fehlen, aber auch nicht so stark betont sein dürften, schon weil dies bei gegebenem Umfange nur auf Kosten der andern Abschnitte geschehen kann. Vielleicht führen die Ansprüche, die weitere Auflagen und der ständig wachsende Stoff stellen, dazu, diesen Abschnitt als selbständiges Werk herauszubringen und so die andern Abschnitte zu entlasten.

Der Stoff wird in kritischer Sichtung, jedoch in genügender Vollständigkeit gebracht. Die Darstellung ist infolgedessen gedrängt, aber immer von der bei dem Verfasser bekannten Präzision und eindrucksvollen Klarheit. Immerhin wäre zu erwägen, ob nicht die mathematische Vorbildung, die der einleitende Abschnitt zu vermitteln sucht, als gegeben vorauszusetzen und der dadurch ersparte Raum zugunsten einer etwas mehr expliciten Darstellung anderer Abschnitte besser zu verwenden wäre.

Das Buch ist eine interessante und gute Darstellung, vorzüglich geeignet zur Einführung in die Denkmethoden und Ergebnisse des Grenzgebietes zwischen Physik und Chemie. In Anbetracht der Bedeutung, die dieses Grenzgebiet auch für die technischen Wissenschaften hat, ist dem Buche die Aufmerksamkeit weiterer Kreise der Techniker zu wünschen. [E 722] Siegel.

Handbuch des beratenden Ingenieurs. Von S. Herzog. Stuttgart 1925, Ferdinand Enke. 519 S. Preis 20 ℳ.

Die Entwicklung des Berufes des beratenden Ingenieurs und die Einführung in seine Tätigkeit werden außerordentlich eingehend besprochen. Die Unterlagen für Entwürfe, Lieferbedingungen u. ä. von Bau- und Maschinenanlagen verschiedener Art sowie die für die kalkulatorische, betriebstechnische, werbungstechnische usw. Beratung werden behandelt. Das Buch ist dem beratenden Ingenieur oder demjenigen, der es werden will, an der Hand der reichen Erfahrungen des Verfassers ein empfehlenswerter Führer, wenn man auch naturgemäß gerade in diesem Berufszweige mit seiner wechselvollen Tätigkeit nicht nur aus noch so ausführlichen Büchern, sondern auch aus der Praxis unmittelbar schöpfen muß. [E 799] Baer.

Versuche über Strömungsarten, Ventilwiderstand und Ventilbelastung. Von E. Schrenk. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 62 S. m. 109 Abb. Preis 10 ℳ. (Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens H. 272.)

Die Bestimmung der Zähigkeit des Wasserdampfes. Von H. Speyerer. Berlin 1925, VDI-Verlag. 30 S. m. 13 Abb. u. 7 Taf. Preis 5 ℳ. (Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens H. 273.)

Wärmeübergang von Öl an Wasser. Von E. Heinrich und E. Stückle. Berlin 1925, VDI-Verlag. 60 S. m. 67 Abb. u. 16 Taf. Preis 13 ℳ. (Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens H. 271.)

Handbuch für die Internationale Petroleumindustrie. Jg. 1924 bis 1925. Hrsg. v. Curt und Julius Mossner. Berlin 1925, Finanz-Verlag-Ges. m. b. H. 687 S. Preis 40 ℳ.

Schriften a. d. Gesamtgebiete der Gewerbehygiene. H. 12: Theophrastus von Hohenheim, genannt Paracelsus. **Von der Bergsucht und andern Bergkrankheiten.** Bearb. von Franz Koelsch. Berlin 1925, Julius Springer. 69 S. m. 1 Bildnis. Preis 4,80 ℳ.

J. C. Poggendorffs biographisch-literarisches Handwörterbuch. Bd. V: 1904 bis 1922. Hrsg v. der Sächs. Akad. d. Wissenschaften zu Leipzig. Red. v. P. Weinmeister. Abt. I: A—K. Leipzig und Berlin 1925, Verlag Chemie G. m. b. H. 695 S. Preis 60 ℳ.

Güterumschlag-Verkehrswoche

am 21. bis 26. September 1925 in Düsseldorf und Köln.

Jeder Herstellungsgang ist abhängig von der mehr oder weniger ausgedehnten Beförderung der Rohstoffe, der Halb- und Fertigfabrikate und deren mehrfacher Umladung in Fluß- oder Seehäfen, auf Güterbahnhöfen oder Fabrikhöfen, in Werkstätten usw. Auf eine wirtschaftlich günstige Ausbildung der Fördermittel und Umschlageinrichtungen und ihre vernunftmäßige Anwendung ist in der Industrie besonders zu achten; denn die Förderkosten haben einen erheblichen Anteil an den Herstellkosten der Erzeugnisse, und nur durch richtige Ausnutzung der Fördermittel und Behandlung der beförderten Stoffe kann die Wettbewerbfähigkeit in der deutschen Industrie an sich und auf dem Weltmarkt erhalten bleiben.

Um die Einzelheiten und das Gesamtbild nach diesen Gesichtspunkten einmal gründlich zu klären und weitesten Kreisen aus Industrie und Handel in klarer und umfassender Weise zu vermitteln, veranstaltet der Verein deutscher Ingenieure im September eine Güterumschlag-Verkehrswoche, auf der fünfzig der bekanntesten Fachleute ihre praktischen Erfahrungen in kurzen, durch Lichtbilder und Filme abwechslungsreich gestalteten Vorträgen mitteilen werden. Schon heute kann man sagen, daß der Veranstaltung das größte Interesse von allen beteiligten Kreisen entgegengebracht wird, und der Versuch, durch diese Tagung allen denen, die die Verkehrs- und Umschlagmittel in mehr oder weniger ausgedehntem Maße brauchen müssen, Nutzen zu bringen, wird sicher Erfolg haben, wenn die Bedeutung aller behandelten Fragen rechtzeitig erkannt wird.

Die Tagung findet vom 21. bis 24. September in Düsseldorf, am 25. und 26. September in Köln statt.

Die Vorträge

am ersten Tage führen hauptsächlich auf das Gebiet des Güterumschlagverkehrs der Eisenbahnen, Straßen- und Kleinbahnen mit besonderer Berücksichtigung des Stückgutverkehrs. Ebenso wird die Wirtschaftlichkeit des Eisenbahn-Kraftwagenverkehrs in einem dieser Vorträge behandelt werden. Die Vorträge am Nachmittag des Tages gliedern sich in drei Reihen, von denen die erste hauptsächlich das Thema des Güterverkehrs der Straßenbahnen, der Schiffahrt und der Kraftwagen weiter ausführt, während die zweite Reihe sich mit den Aufgaben der Spedition befassen wird. In der dritten Reihe endlich werden Fragen über Förderanlagen verschiedener Art, die im Umschlagverkehr wichtig sind, besprochen werden.

Am Dienstag werden dann sechs Vorträge, den Massengüterverkehr betreffend, gehalten werden, und zwar auch diese mit besonderer Berücksichtigung der Eisenbahnen, Straßen- und Kleinbahnen sowie der Schiffahrt. Ein besonderer Vortrag geht auf die Bedeutung der Rheinkanalisation für den Güterumschlagverkehr ein, ein andrer auf die Hafenanlagen von Duisburg-Ruhrort, die am nächsten Tage besichtigt werden.

Der dritte Verhandlungstag, Donnerstag, bringt Vorträge über die Bedeutung der Technik für die Güterverkehrswirtschaft und für den Güterumschlagverkehr durch Straßen- und Kleinbahnen, sowie über wirtschaftliche Grundlagen der Lagerung und Stapelung. Daneben wird auch ein Vortrag über das für die Zukunft sehr wichtige Thema der Bedeutung der Luftfahrt für den Güterverkehr gehalten werden. Die Vorträge des Donnerstag-Nachmittags werden wieder in zwei Parallelreihen gehalten, von denen die eine den Schnellgüterverkehr und die besondere Ausrüstung und den Aufbau der Fördergefäße für verschiedene Industrien behandelt. In der andern Reihe wird man die Wichtigkeit der Fördermittel für die Ernährung des Volkes in drei Vorträgen kennen lernen.

Der Freitag bringt dann Vorträge über Erz- und Kohlenbeförderung und ihren zweckmäßigsten und wirtschaftlichsten Umschlag in den Häfen und Bahnhöfen. In einer Vortragsreihe am Nachmittag werden die Hafenanlagen des Emdener Hafens, des Berliner Westhafens und die Art und Weise des Königsberger Getreideumschlags besprochen werden, während eine Parallelreihe hierzu sich ausschließlich mit den Tarifen der Reichsbahn und der andern Verkehrsmittel befaßt.

Schließlich werden am Sonnabend verschiedene Vorträge auf das Gebiet der Tariffragen aller Verkehrsmittel, der Eisenbahnen, der Schiffahrt und auch des Luftfahrwesens führen.

Besichtigung des Ruhrorter Hafens.

Gesellige Veranstaltungen werden bei dieser Tagung gänzlich unterbleiben. Dagegen findet am Mittwoch, dem 23. September, eine eingehende Besichtigung der Umschlaganlagen im Duisburg-Ruhrorter Hafen statt. Gerade diese Besichtigung ist wert, von allen Teilnehmern der Tagung wahrgenommen zu werden, da der Umschlagverkehr in diesem Binnenhafen für das gesamte rheinisch-westfälische Industriegebiet von besonderer Wichtigkeit ist und die ununterbrochene Tätigkeit vieler Betriebe und Hochöfen von dem glatten Durchlaufen der Umschlaggüter, insbesondere der Massengüter Kohle und Erz, in außerordentlich hohem Maße abhängt. Bedenkt man ferner, daß die einmaligen Umschlagkosten für Kohlen im Duisburg-Ruhrorter Hafen selbst bei der vorbildlichen Ausbildung der Anlagen 1,5 M/t, bei einem Preis von 17 bis 20 M/t, also 7,5 bis 10 vH ausmachen, so erkennt man ohne weiteres die Wichtigkeit der guten Ausführung und Anwendung dieser Anlagen.

Die Teilnehmer an der Besichtigung werden in Motorbooten und kleinen Dampfern durch alle Teile des Hafens gefahren, und hervorragende Fachmänner werden auf den Booten und an besonders bemerkenswerten Stellen der Umschlaganlagen die nötigen Erklärungen abgeben.

[B 881] Is.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag. G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 12. SEPTEMBER 1925 NR. 37

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1200.

Leistungsversuche an einer Gegendruck-Dampfturbine.

Von A. Stodola, Zürich.

Beachtenswerter Fortschritt in der Durchbildung der Überdruckschaufelung. Eine aus einstufigem Gleichdruckrad mit Überdrucktrommel bestehende Gegendruckturbine der A.-G. Brown, Boveri & Cie. ergab bei rd. 1000 kW Leistung einen Gütegrad von 80 vH an der Kupplung, bezogen auf den Zustand vor den Düsen und im Auspuff. Am getrennt geprüften Überdruckteil allein wurde bei 0,73 mm Schaufelspiel auf 559 mm Gehäusedurchmesser ein innerer Gütegrad von 88 vH, auf das Spiel null extrapoliert, 93 vH festgestellt.

Obschon heute im Dampfturbinenbau die Entwicklung der Höchstdruckanlagen mit Recht im Vordergrunde des Interesses steht, darf dennoch nicht übersehen werden, daß parallel hiermit die Verbesserung des Energieumsatzes im eigentlichen Lebenselement der Turbine, d. h. in der einzelnen Schaufel ein ebenso wirksames Mittel zur Hebung der Wirtschaftlichkeit, also eine dringende Aufgabe bildet. Die zu gewinnenden Vorteile werden übrigens, sobald einmal sichergestellt, auch der Höchstdruckturbine ohne weiteres zugute kommen.

Unsre Kenntnis der Einflüsse, die die Formgebung der Schaufel, die Spaltgröße, die Strömungsart usw. auf den Wirkungsgrad der Schaufel zahlenmäßig ausüben, sind freilich noch immer derart mangelhaft, daß nur weit angelegte, planmäßig durchgeführte Versuche Erfolg verheißen können. Über beachtenswerte Fortschritte, die der Forscherarbeit der A.-G. Brown Boveri & Cie. in Baden nach dieser Richtung hin zu verdanken sind, soll im folgenden berichtet werden.

Als Versuchsmaschine diente eine Gegendruckturbine von 1000 kW Leistung, die aus einem einkränzigen Gleichdruckrad und 28 auf einer Trommel angeordneten Überdruckstufen besteht.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Die Drücke wurden bei höherer Pressung mit Manometern, bei niedrigerer mit Quecksilbersäulen bestimmt. Die Eichung erfolgte unmittelbar nach dem Versuch mit Quecksilbersäule oder Gewichtprüfer im Prüfraum der A.-G. Brown Boveri & Cie. und im Maschinenlaboratorium der Eidgen. Technischen Hochschule.

Die Temperaturen wurden, da sich Widersprüche zwischen Thermoelementen und Thermometern einstellten, nur mittels Thermometer bestimmt. Um sich über deren Zuverlässigkeit Aufschluß zu verschaffen, maß man im Hauptversuch an zwei gleichartig gelegenen Stellen; an der einen war das Thermometer in normaler, jedoch isoliert eingefügter, mit Callendarschen Heizrippen versehener Hülse eingesetzt, an der andern führte man es durch eine Stopfbüchse in eine unten offene Schutzhülse, durch deren oberes Ende Dampf zum Kondensator abgesaugt wurde, so daß das Thermometer beständig von einem Dampfstrom umflossen war. Nach Berücksichtigung der Raumverminderung, die die Birne des Thermometers durch den auf sie wirkenden Dampfdruck erfuhr, deren Betrag durch besonderen Versuch unter hydraulischem Druck ermittelt wurde, ergab sich eine vorzügliche Übereinstimmung der beiden Anzeigen. Die Thermometer wurden im Eidgen. Amt für Maß und Gewicht in Bern geeicht.

Der Dampfverbrauch wurde durch Messung des Kondensates in einem Oberflächenkondensator ermittelt. Die durch die Luftpumpe geförderte Luftmenge wurde mittels Düsenmessung mitbestimmt. Die darin enthaltene Sättigungsdampfmenge erwies sich indessen als vernachlässigbar klein. Ebenso wurde durch besondern Versuch festgestellt, daß von der Verdunstung des Kondensates mit Rücksicht auf die Kleinheit des Wasserspiegels in den Auffanggefäßen und den erschwerten Zutritt der freien Luft abgesehen werden kann. Über den Stopfbüchsenverlust wird weiter unten berichtet.

Die elektrischen Messungen lagen in der Hand der Prüfanstalten des Schweizer. Elektrotechnischen Vereins, die, weil sie teilweise an das Eidgen. Amt für Maß und Gewicht angegliedert sind, einen halbamtlichen Charakter tragen und als neutrale Prüfstelle in der Schweiz bestes Ansehen genießen. Aus Rücksicht auf möglichst große Zuverlässigkeit wurden die Verluste des Stromerzeugers auf zwei verschiedene Arten bestimmt, wie im ausführlichen Bericht, der hier wegen Raummangels keine Aufnahme finden kann, dargelegt wird. Die dritte Kontrolle war die Bestimmung der in der Ventilationsluft enthaltenen Gesamtwärme, die während eines der Versuche durchgeführt worden ist.

Die Lagerreibung wurde durch künstlichen Antrieb der losgekuppelten Turbine in verdünnter Atmosphäre bestimmt. Man begann mit möglichst hoher Luftleere, nachdem vorher durch die Stopfbüchsen-Ablaßrohre gehörig Luft in das Gehäuse eingeleitet worden war. Die Dampfleitung war an der Turbine und eine Strecke vorher geschlossen, der so abgetrennte Leitungsteil mittels des Entwässerungsanschlusses mit der Außenluft in Verbindung gebracht, um Eindringen von Dampf zu verhindern. Während der Ablesung wurden die Stopfbüchsen-Ablaßrohre geschlossen, um weiteres Lufteinströmen zu unterbinden. Durch teilweises Schließen des zum Kondensator führenden Schiebers wurde hierauf die Luftleere verschlechtert und so der Arbeitsaufwand bei verschiedenen Dichten im Innern bestimmt. Man durfte annehmen, die Turbine sei ganz mit Luft gefüllt, deren Raumgewicht aus den Temperaturen und dem Druck bestimmbar war. Das Auftragen der Meßpunkte in Abhängigkeit vom Raumgewicht ergab bei unveränderlicher Drehzahl in der Tat eine Gerade, die auf das Raumgewicht null extrapoliert den Arbeitsaufwand für Lagerreibung, Regler und Ölpumpenantrieb ergibt. Selbstverständlich waren die Lager auf gleiche Temperatur gebracht, die Ölpumpe auf gleichen Druck und Lieferung eingestellt, wie während der Leistungsversuche.

Auswertung der Versuchsergebnisse. Mit Rücksicht auf die Kleinheit der Werte sahen wir uns trotz der ungemein mühseligen Rechenarbeit veranlaßt, die verwerteten Wärmegefälle mittels Logarithmen nach den Formeln von Knoblauch zu bestimmen. Doch darf bemerkt werden, daß Stichproben mit der auf diesen Formeln beruhenden Entropietafel großen Formates von Bantlin recht gut übereinstimmende Ablesungen ergaben.

Die Überdruckschaufel.

Um den Gütegrad des Überdruckteiles ohne Umrechnungen bestimmen zu können, wurde das Gleichdruckrad unbeschaufelt gelassen und die Düsen wurden ausgebaut, so daß der Dampf mit geringem Druckverlust über und unter dem Radkranz zur Überdrucktrommel gelangen

Zahlentafel 1. Versuchsergebnisse der Ueberdruckbeschaufelung allein.

Nr.	Versuch Nr.	I.	II.	III.	IV.	V.	Ia.	IIa.
	Versuchstag	12. V. 25	12. V. 25	12. V. 25	12. V. 25	12. V. 25	18. V. 25	18. V. 25
	Dauer min	60	45	45	45	40	90	85
	Barometerstand mm Q.-S.	729,7	729,7	729,7	729,7	729,7	723,2	723,2
1	Anfangsdruck vor der Überdruckbeschaufelung links at abs	6,514	6,359	7,847	6,761	5,327	6,613	6,556
	rechts „	6,495	6,324	7,832	6,767	5,310	6,630	6,552
	mittel „	6,505	6,341	7,840	6,764	5,319	6,622	6,554
2	Anfangstemp. vor der Überdruckbeschaufelung links °C	233,40	232,03	233,78	226,67	222,38	233,0	233,3
	rechts „	233,38	232,90	234,59	228,05	223,6	232,28	222,15
	mittel „	233,39	232,46	234,19	227,34	223,04	232,28	222,15
3	Gegendruck oben at abs	2,774	1,977	3,376	2,804	2,779	2,763	2,769
	unten „						2,751	2,757
	mittel „	2,774	1,977	3,376	2,804	2,779	2,757	2,763
4	Temperatur im Auspuffraum links °C	149,9	122,65	151,6	145,06	162,80	147,27	140,62
	rechts „	150,8	124,19	152,73	145,75	162,92		
	mittel „	150,35	123,42	152,16	145,4	162,86	147,27	140,62
5	Dampfmenge aus dem Hauptkondensator (Arbeitsdampf) kg/h	11 856	12 060	14 144	12 405	8963	11 982	11 870
6	Durch den Entlastungskolben entweichende Dampfmenge (Undichtheitsdampf) kg/h	416	418	502	433	327	429	448
7	Gesamt-Dampfmenge „	12 272	12 478	14 646	12 838	9290	12 411	12 318
8	Leistung an den Klemmen des Stromerzeugers kW	436,8	608,0	526,3	443,1	217,4	455,5	448,5
9	Drehzahl Uml./min	3000	3000	3000	3500	3000	3000	2500
10	Gesamtverluste des Stromerzeugers kW	41,8	47,3	44,3	53,2	41,1	42,5	34,5
11	Wirkungsgrad des Stromerzeugers vH	91,3	92,7	92,3	89,3	84,1	91,5	92,9
12	Leistung an der Kupplung kW	478,6	655,3	570,6	496,3	258,5	498,0	483,0
13	Dampfverbrauch, bezogen auf die Leistung an der Kupplung und auf den Arbeitsdampf kg/kWh	24,79	18,40	24,80	25,01	34,68	24,08	24,58
14	Dampfverbrauch, bezogen auf die Leistung an der Kupplung und auf die Gesamtdampfmenge kg/kWh	25,67	19,04	25,68	25,88	35,93	24,92	25,52
15	Lagerreibung, Regulator- und Ölpumpenantrieb d. Turbine kW	27,8	27,7	28,7	41,94	27,8	27,9	18,4
16	Innere Leistung der Turbine (12) + (15) „	506,4	683,0	599,3	538,24	286,3	525,9	501,4
	Thermodynamische Bilanz.							
17	Adiabatisches Gefälle, berechnet nach den Knoblauchschen Formeln kcal/kg	41,943	55,312	41,054	42,452	32,131	42,766	41,017
18	Inneres Wärmegefälle, berechnet nach den Knoblauchschen Formeln kcal/kg	36,121	47,699	35,583	35,425	26,290	37,155	35,373
19	Theoretische Leistung der Arbeitsdampfmenge $= \frac{H_0\,G_{Arbt.}}{859,4}$ kW	578,3	776,4	675,5	612,2	335,0	596,5	566,5
20	Theoretische Leistung der Gesamtdampfmenge $= \frac{H_0\,G_{ges.}}{859,4}$ „	598,5	803,0	699,5	633,8	347,4	617,5	587,7
21	Thermodynamischer Wirkungsgrad, bezogen auf die Leistung an der Kupplung und auf die Gesamtdampfmenge vH	80,0	81,6	81,6	78,3	74,4	80,6	82,2
22	desgl., bezogen auf die Arbeitsdampfmenge „	82,8	84,4	84,5	81,1	77,2	83,5	85,3
23	Innerer Wirkungsgrad des Arbeitsdampfes, berechnet aus Druck und Temperatur, bezogen auf den Zustand vor und hinter dem Überdruckteil „	86,1	86,24	86,6	83,5	81,9	86,9	86,2
24	Innerer Wirkungsgrad des Arbeitsdampfes, berechnet aus der inneren Leistung, bezogen auf den Zustand vor und hinter dem Überdruckteil	87,6	88,0	88,7	87,9	85,5	88,2	88,5

konnte. Druck und Temperatur des „Arbeitsdampfes" wurden im Radkasten unmittelbar vor Eintritt zur Überdrucktrommel gemessen, ebenso im Auspuffraum an je einer Stelle oben und unten. Der durch den Entlastungs-Labyrinthkolben entweichende Dampf wurde getrennt aufgefangen und bei atmosphärischem Druck kondensiert. Den aus der hinteren Stopfbüchse abgeleiteten Dampf führte man in den Kondensator. Hierdurch wurde die in die Außenluft aus beiden Stopfbüchsen entweichende Menge, wie durch Hinhalten der Hand in den ausblasenden Strom feststellbar war, dermaßen verringert, daß sie bei einer Gesamtmenge von 10 000 bis 14 000 kg/h praktisch nicht mehr in Betracht kam.

Abb. 1. Thermodynamische Wirkungsgrade in Abhängigkeit von der Parsonsschen Kennzahl.
Voll ausgezogen: innerer Wirkungsgrad, ermittelt aus innerer Leistung bezogen auf den Zustand vor und nach Ueberdruckteil;
punktiert: innerer Wirkungsgrad, auf Schaufelspiel null extrapoliert.

Die Versuchsergebnisse sind in Zahlentafel 1 zusammengefaßt und in Abb. 1 dargestellt.

Die Tafel enthält die thermodynamischen Wirkungs- oder Gütegrade, bezogen je auf die in die Turbine gelangende Gesamt- und auf die durch die Überdrucktrommel allein strömende Arbeitsdampfmenge. Letztere kommt in Betracht, wenn die Güte der Schaufelwirkung an sich beurteilt werden soll. Aufgeführt sind die inneren Wirkungsgrade η_i, mit denen der Schaufelwirkungsgrad η_s mittels der Formel

$$\eta_i = (1 + \varrho)\, \eta_s - \zeta_a$$

zusammenhängt. Darin bedeutet[1])

ϱ die wiedergewinnbare Wärme in Teilen des adiabatischen Gefälles,

ζ_a den Auslaßverlust in Teilen des adiabatischen Gefälles.

Im vorliegenden Fall sind ϱ und ζ_a je von der Größenordnung von 1 vH, so daß angenähert $\eta_s = \eta_i$ gesetzt werden kann. Für η_i haben wir zwei Bestimmungsmöglichkeiten. Einmal ist η_i, bezogen auf die Arbeitsmenge, das Verhältnis des aus dem Anfangs- und Endzustand folgenden inneren Gefälles zum adiabatischen Gefälle; dann aber ist η_i das Verhältnis der für sich meßbaren inneren Leistung zur Leistung der vollkommenen Turbine. Die innere Leistung bestimmt sich nämlich als Summe aus der Leistung an der Kupplung, der Lagerreibung, der Regler- und Ölpumpen-Antriebsleistung und der Ventilationsarbeit des leer umlaufenden Gleichdruckrades. Diese letztere muß hier mitgezählt werden, weil sie vor dem Eintritt des Dampfes in den Überdruckteil geleistet wurde, also gewissermaßen eine Vermehrung der Lagerreibung bildet. Man berechnete sie nach der empirischen Formel

$$N_{kW} = 0{,}08\, D^{4,2} \left(\frac{n}{1000}\right)^{2,8} \gamma,$$

die aus Beobachtungen der A.-G. Brown Boveri & Cie. abgeleitet ist und genauere Ergebnisse liefert als die entsprechende Formel meines Buches. Es bedeutet darin N die Leistung in kW, D den Durchmesser in m, n die Drehzahl in Uml./min, γ das Raumgewicht in kg/m³.

Der Vergleich der auf die beiden Arten berechneten Werte zeigt, daß zwar die aus den Verlustarbeiten berechneten sämtlich etwas höher sind als die aus dem Dampfzustand ermittelten (in Abb. 1 mit „aus L" und „aus T" bezeichnet): indessen ist die Übereinstimmung in Anbetracht der Kleinheit der vorliegenden Leistung praktisch befriedigend. Im übrigen ist der Genauigkeitsgrad der aus den Verlustarbeiten bestimmten Werte höher als der aus den thermischen Beobachtungen, was in der Ausgleichkurve der graphischen Darstellung berücksichtigt wurde. Für die Beurteilung der Ergebnisse kommt als wesentlich die Größe des tatsächlich vorhandenen Schaufelspieles in Betracht. Dieses Spiel habe ich vor den Versuchen an der abgedeckten Turbine seitlich mittels Blechlehren an sämtlichen Kränzen nachgemessen. Nach Erledigung der Versuche wurde das Spiel auch oben und unten durch Plattdrücken von eingelegten Weichbleidrähten bestimmt. Es ergaben sich folgende mittlere Maße:

Mittleres Spiel seitlich	0,60 mm
„ „ oben .	1,03 „
„ „ unten .	0,67 „
Gesamtmittel .	0,73 „

Der Gehäusedurchmesser wächst von 520 auf 580 mm, die Schaufellänge von 30 auf 60 mm. Auf die mittlere Schaufellänge von 45 mm macht das mittlere Spiel $\frac{0{,}73 \times 100}{45} =$ 1,62 vH der Schaufellänge oder, auf den mittleren Durchmesser von 550 mm bezogen, 1,33 Tausendstel aus. Die Schaufeln sind in der üblichen Weise am Außenrand ausgeschärft.

Über die praktische Bemessung der Spiele bei größeren Turbinen geht mir von der Erbauerin die Mitteilung zu, daß sich die älteren eingehäusigen Turbinen mit großem Verhältnis des Lagerabstandes zum Teilkreisdurchmesser bei 1/1000 des Durchmessers als radialem Spiel gegenüber allen Zufälligkeiten des Betriebes, wie zu hoher Überhitzung, Wärmeverformung, Erschütterungen, als zuverlässig bewährt haben. Bei neueren zwei- und dreigehäusigen Turbinen ist der Lagerabstand verhältnismäßig geringer, die Gehäuse sind Verwerfungen weniger ausgesetzt, die alte Trommel mit ihren eingeschrumpften Zapfen wird in einzelne Scheiben aufgelöst, die man auf eine durchgehende Welle aufzieht. Aus diesen Gründen wird hier das Spiel auf 0,8/1000 Dmr. herabgesetzt. Bei den Niederdruck-Laufscheiben, wo die Leitschaufeln frei zwischen die Räder hineinragen, macht die Firma von der „Überbrückung" des Spaltes durch den Dampfstrom Gebrauch, so daß die Spiele reichlich bemessen werden dürfen. Der Spaltverlust soll 3 vH der theoretischen Leistung betragen.

Diese Angaben erlauben, den voraussichtlich erreichbaren Gütegrad-Gipfel abzuschätzen.

In Abb. 1 habe ich die Parsonssche Kennziffer, d. h. das Verhältnis[2])

$$X = \frac{\text{Summe der Quadrate der Umfangsgeschwindigkeiten in m}^2/\text{s}^2}{\text{adiabatisches Gefälle in kcal/kg}}$$

als Abszisse benutzt. Man erkennt, daß sich der innere Wirkungsgrad über ein weites Gebiet dieser Kennzahl wenig ändert. Die eingezeichnete Ausgleichkurve, die dem theoretischen Verlauf bei unveränderlicher Schaufelverlustzahl nahe kommt, wobei Punkt A einer durch die Firma selbst veranstalteten Versuchsreihe entnommen wurde, läßt erkennen, daß im Gipfelpunkt

$$\eta_i = 88.0 \text{ vH}$$

erreicht worden ist.

Um einen Vergleich mit früheren Ergebnissen der Erbauerin und anderer Firmen zu erhalten, empfiehlt es sich, die Wirkungsgrade in der bei Parsonsturbinen bauenden Firmen üblichen Weise auf das Schaufelspiel null zu extrapolieren. Über die Abhängigkeit der Verluste vom Schaufelspiel der üblichen Parsonsschaufel liegen, abgesehen von

[1]) s. Stodola „Dampf- und Gasturbinen", VI. Aufl. S. 207.

[2]) Mechanisch verständlicher, also empfehlenswerter ist die Kennzahl ($\Sigma A u^2/2g$): H_0, die ich in „Dampf- und Gasturbinen" VI. Aufl. S. 211 ausführe.

älteren, an kleinen Modellen gewonnenen Angaben meines Lehrbuches, gerade von der A.-G. Brown Boveri & Cie. im großen nachgeprüfte Angaben in der Literatur vor. Auf Grund eines Einblickes in die damaligen Versuchsprotokolle der Firma konnte ich auf S. 586 der V. Auflage meines Lehrbuches über diesbezügliche Ermittlungen an einer 3000 kW-Turbine zusammenfassend berichten. Danach wurde für 1 vH Spielvergrößerung eine Einbuße von 3,1 vH am Wirkungsgrad festgestellt. Wenden wir diese Zahl auf die vorliegende Turbine an und setzen wir angenähert $\eta_s = \eta_i$, so würde der Schaufelwirkungsgrad bei dem auf Null verkleinerten Schaufelspiel um $3{,}1 \times 1{,}62 = 5{,}0$ vH, also, wie punktiert in Abb. 1 eingetragen, bis auf

$$\eta_s = 93 \text{ vH}$$

Zahlentafel 2. Versuchsergebnisse der vollständigen Turbine.

Nr.	Versuch Nr. Versuchstag Dauer min Barometerstand mm Q.-S.	VI. 12. VI. 25 60 731,2	VII. 12. VI. 25. 60 731,2
1	Anfangsdruck vor den Düsen: Gruppe 1: p_1 at abs	9,9204	10,910
	Gruppe 2: p_2 „	9,8032	10,733
	Gruppe 3: p_3 „	9,7818	10,873
	mittel	9,8351	10,839
2	Anfangstemperatur vor den Düsen . . . . °C	279,05	285,48
3	Druck hinter d. Gleichdruckrad: oben at abs	7,6474	8,401
	unten „	7,6235	8,349
	mittel „	7,6355	8,375
4	Temperatur hinter dem Gleichdruckrad . . . . . °C	254,99	259,97
5	Gegendruck im Auspuffgehäuse: oben at abs	2,8140	2,809
	unten „	2,7750	2,740
	mittel „	2,7945	2,774
6	Temperatur im Auspuffgehäuse . . .: oben °C	154,08	150,576
	unten „	152,85	149,950
	mittel „	153,46	150,263
7	Durch den Überdruckteil strömende Dampfmenge (Arbeitsdampf) . . . kg/h	13 608	14 965
8	Durch den Entlastungskolben entweichende Dampfmenge . . . . „	455	521
9	Gesamtdampfmenge . . „	14 063	15 486
10	Leistung an den Klemmen des Stromerzeugers . . kW	788,0	950,0
11	Drehzahl . . . . . Uml./min	3 000	3 000
12	Gesamtverluste des Stromerzeugers . . . . kW	53,5	60,8
13	Wirkungsgrad des Stromerzeugers . . . . vH	93,6	94,0
14	Leistung an der Kupplung kW	841,5	1010,8
15	Gesamtdampfverbrauch, bezogen auf die Leistung an der Kupplung kg/kWh	16,71	15,32
16	Lagerreibung, Regulator- und Ölpumpenantrieb der Turbine. . . . . kW	22,8	22,8
17	Radreibung und Ventilationsarbeit des Gleichdruckrades . . . . . . „	12,65	13,75
18	Innere Leistung der Turbine (14) + (16) . . . „	864,30	1033,60
19	Leistung der Turbine am Umfang (17) + (18) . . „	876,95	1047,35
	Thermodynamische Bilanz.		
20	Adiabatisches Gefälle für das Gleichdruckrad kcal/kg	14,596	15,009
21	Inneres Gefälle für das Gleichdruckrad „	10,438	11,123
22	Theoret. Leistung der Gesamtdampfmenge für das Gleichdruckrad . . . . kW	239	270
23	Innere Leistung der Gesamtdampfmenge für das Gleichdruckrad (aus dem Dampfzustand) . . . . „	171	200
23a	Leistung des Gleichdruckrades am Umfang (23) + (17) . . . . „	183,65	213,75
24	Adiabatisches Gefälle für den Überdruckteil kcal/kg	50,731	55,552
25	Inneres Gefälle für den Überdruckteil „	44,686	48,099
26	Theoretische Leistung der Arbeitsdampfmenge allein für den Überdruckteil . . . . kW	803,3	967,3
27	Innere Leistung der Arbeitsdampfmenge für den Überdruckteil (aus dem Dampfzustand) . . . . „	707,6	837,6
28	Gesamte theoretische Leistung der Arbeitsdampfmengen (22) + (26) . . . „	1042,3	1237,3
29	Gesamte innere Leistung der Arbeitsdampfmenge (aus Dpfzust.) (23) + (27) „	878,6	1037,6
30	Wirkungsgrad, bezogen auf die Leistung an der Kupplung und auf die Arbeitsdampfmengen allein (14) : (28) . . . . . . vH	80,7	81,7
31	Innerer Wirkungsgrad der Turbine, berechnet aus Druck und Temperatur der Arbeitsdampfmenge (29) : (28) . . . . . . „	84,3	83,9
32	Innerer Wirkungsgrad der Turbine, berechnet aus der gemessenen Leistung der Arbeitsdampfmenge (18) : (28) . . . . . . „	82,9	83,5
32a	Wirkungsgrad der Turbine am Umfang, bezogen auf die Arbeitsdampfmenge (19) : (28) . . . . . . „	84,1	84,6
33	Innerer Wirkungsgrad für das Gleichdruckrad, berechnet aus Druck und Temperatur . . . . . . vH	71,5	74,1
33a	Wirkungsgrad des Gleichdruckrades am Umfang (23a) : (22) . . . . . . „	77,0	79,2
34	Innerer Wirkungsgrad des Überdruckteils, berechnet aus Druck und Temperatur . . . . „	87,9	86,6
35	Adiabatisches Gesamtgefälle . . . . . kcal/kg	64,793	69;771
36	Theoretische Leistung der Gesamtdampfmenge, bezogen auf den Zustand vor Düsen und im Auspuffraum . . . . kW	1058	1257
37	Wirkungsgrad der Gesamtdampfmenge, bezogen auf die Leistung an der Kupplung und auf den Zustand vor den Düsen und im Auspuffraum . . . . . vH	79,5	80,4

steigen müssen. Der Vergleich der neuen Wirkungsgradkurve mit den älteren Schaulinien, Abb. 710 und 710a in „Dampf- und Gasturbinen", VI. Aufl., S. 586, zeigt den erheblichen Fortschritt, der der neuen Schaufelung zu verdanken ist.

Die vollständige Gegendruckturbine.

Nach Erledigung der oben beschriebenen Versuche wurde das Gleichdruckrad beschaufelt, die Hochdruckdüsen eingesetzt und die nun vollständige Turbine geprüft. Im Sinne des Zweckes dieser Versuche, d. h. um die Zufälligkeit der reicheren oder knapperen Bemessung des Absperrventilquerschnitts zu umgehen und die Wirkung der eigentlich arbeitenden Elemente, d. h. der Schaufeln hervortreten zu lassen, habe ich den Dampfzustand vor den Düsen und nicht vor dem Abschlußventil der Ermittelung der Gütegrade zugrunde gelegt. Die durch den Ausgleichkolben abströmende Dampfmenge wurde wieder getrennt aufgefangen, was eine schärfere Bestimmung der inneren Wirkungsgrade ermöglicht. Für das Gleichdruckrad ist die Gesamtdampfmenge mit den Zuständen vor und nach dem Rade maßgebend. Daß dabei der Zustand vor dem Ausgleichkolben übereinstimmend mit dem vor der Überdrucktrommel vorausgesetzt wurde, bedingt nur eine verschwindend kleine Ungenauigkeit im Gütegrad. Für den Überdruckteil ist die Arbeitsdampfmenge mit den Zuständen vor der Trommel und im Auspuffgehäuse maßgebend.

Berechnet man die innere Arbeit im ganzen, so muß man von der Ventilationsarbeit absehen, da sie ganz als Vermehrung des Wärmeinhaltes des Abdampfes in die Erscheinung tritt. Sie dient hingegen zur Abschätzung des Umfangswirkungsgrades des auf 33 vH seines Umfanges beaufschlagten Gleichdruckrades. Wir haben als Betrag dieser Arbeit das Mittel der aus unserer Formel und der aus der Formel von Forner folgenden Werte angenommen, mit einem Abzug von 16,5 vH, d. h. der Hälfte des beaufschlagten Teiles, um der Störung des Dampfstromes durch den Ventilationsdampf Rechnung zu tragen. Wegen des teilweise vorhandenen Schutzes gegen Ventilation wurde schließlich der sich so ergebende Betrag halbiert. Diese etwas willkürlichen Annahmen erhalten Berechtigung durch die Übereinstimmung des Ergebnisses mit den Werten, die eine aus unmittelbaren Versuchen an ähnlichen Rädern von der A.-G. Brown Boveri & Cie. abgeleitete Formel ergab. Zählt man die Ventilationsarbeit zur inneren Leistung des Gleichdruckrades hinzu, so erhält man dessen Umfangsleistung, daraus dessen Umfangswirkungsgrad. Die Versuchsergebnisse sind in Zahlentafel 2 vereinigt.

Zahlentafel 2 läßt erkennen, daß der innere Wirkungsgrad des Überdruckteiles mit den in der ersten Versuchsreihe gefundenen Werten gut übereinstimmt. Der Umfangswirkungsgrad des Gleichdruckrades von 77 bis 79 vH erscheint noch nicht so hoch, wie wir von besten einstufigen Rädern her zu erwarten gewohnt sind. Die weitere scharfe Abnahme des inneren Radwirkungsgrades auf 71,5 bis 74 vH läßt vermuten, daß bei der nur ein Drittel des Umfanges einnehmenden Beaufschlagung der durch Ventilation im Kreise herumgetriebene Dampf bei 7,5 bis 8 at abs. Druck den Arbeitsstrahl noch stärker schädigt, als oben vorausgesetzt war.

Die Werte des gesamten inneren Wirkungsgrades, bezogen auf den Arbeitsdampf allein, aus Temperatur und aus Leistung berechnet, stimmen genügend gut miteinander überein.

Der Wirkungsgrad der Arbeitsdampfmenge an der Kupplung erreicht mit fast 82 vH für so kleine Leistung eine ansehnliche Höhe. Er würde auf die Gesamtdampfmenge bezogen, die gleiche Höhe bei einer Doppelendturbine mit entsprechend größerer Leistung erreichen. Infolge der Undichtheit des Ausgleichkolbens sinkt der Wirkungsgrad der Gesamtdampfmenge an der Kupplung auf 79,5 bis 80 vH, immer bezogen auf den Zustand vor den Düsen und im Abdampfgehäuse.

Kurz zusammengefaßt, kann das Ergebnis dieser Untersuchungen wie folgt ausgesprochen werden:

An einer Gegendruckturbine der A.-G. Brown Boveri & Cie. in Baden von rd. 1000 kW Leistung, die aus einem Gleichdruckrad mit sich anschließender 28stufiger Überdruckturbine bestand, wurde der thermodynamische Wirkungsgrad der ganzen Turbine und getrennt, bei unbeschaufeltem Gleichdruckrad, der des Überdruckteiles bestimmt. Gesondertes Auffangen des durch den Ausgleichkolben entweichenden Undichtheitsdampfes erlaubte die Bestimmung des Wirkungsgrades für den Arbeitsdampf allein, wie ihn z. B. eine Doppelendturbine, die keinen Ausgleichkolben braucht, aufweisen würde. Es wurden folgende Wirkungsgrade festgestellt:

Thermodynamischer Wirkungsgrad der ganzen Turbine, bezogen auf die Dampfzustände vor den Düsen bzw. im Auspuffraum und Leistung an der Kupplung für die Arbeitsdampfmenge allein	82 vH
desgl. für die Gesamtdampfmenge	80 „
Schaufelwirkungsgrad des Überdruckteiles allein, bezogen auf die Dampfzustände vor dem Überdruck bzw. im Auspuffraum, und innere Leistung für die Arbeitsdampfmenge allein bei 0,73 mm radialem Schaufelspiel	88 „
desgl. extrapoliert auf das Schaufelspiel null	93 „

Die letztgenannten Zahlen zeigen, daß ein erheblicher Fortschritt in der Durchbildung der Überdruckschaufel erreicht wurde, der weite Ausblicke für die Baumöglichkeiten hochwirtschaftlicher Turbinen eröffnet und um so mehr Beachtung verdient, als er an einer Turbine von verhältnismäßig kleiner Leistung festgestellt wurde, unter Einhaltung genügend großen Schaufelspieles, um die Betriebsicherheit der Turbine praktisch als gewährleistet ansehen zu können.

Die Reichweite der Verbesserung kann zahlenmäßig in bekannter Weise durch thermodynamische Rechnungen abgeschätzt werden und läßt unter den unten angeführten Annahmen[1]) einen Gütegrad an der Kupplung von 86 bis 87 vH möglich erscheinen. [B 856]

[1]) Voraussetzung hierfür ist vor allem der Einbau einer genügend großen u^2-Summe, also Annäherung an den Gipfelpunkt der neuen Wirkungsgradkurve mit $X = 3000$ bis 3200. Für eine neuzeitliche moderne Anlage mit 25 at und 400° C Anfangszustand sowie 0,04 at abs Luftleere setzt die Firma Brown, Boveri & Cie. als Wirkungsgrad eines voll beaufschlagten, mit teilweisem Ueberdruck arbeitenden Gleichdruckrades 82 vH voraus und ordnet im ersten Gehäuse zwei solche Räder nebst dem Ueberdruckteil an; das zweite Gehäuse enthält eine Ueberdrucktrommel, das dritte eine Doppelendturbine, deren Wirkungsgrad man durch Extrapolation der Kurve von Martin (Abb. 263 in „Dampf- und Gasturbinen" VI. Aufl.) auf 88 vH einschätzen kann. Indem man hiervon 3 vH als Verlust der Ueberdrückung abzieht und für Hoch- und Mitteldruck die neue Wirkungsgradkurve benutzt, sowie 0,9/1000 des Durchmessers als Schaufelspiel voraussetzt, gelangt man in der Tat zu rd. 87 vH Gesamtgütegrad der Turbine.

Inbetriebnahme der größten österreichischen Fernleitung.

Nachdem bereits am 30. Oktober 1924 das Elektrizitätswerk Partenstein in Oberösterreich, das die Wasserkraft des Mühlflusses ausnutzt, in Betrieb genommen worden ist, wurde Anfang dieses Jahres das durch die Ybs gespeiste Wasserkraftwerk in Opponitz (Niederösterreich) dem Betrieb übergeben. Diese beiden Kraftwerke sollen gemeinsam mit einem dritten in Gaming einen Teil der Elektrizitätsversorgung der Stadt Wien übernehmen, so daß von dem gegenwärtigen Stromverbrauch von 450 Millionen kWh im Jahr ungefähr 125 Millionen kWh aus den genannten drei Werken geliefert werden. Da die Wiener Elektrizitätswerke mit ausländischen Kohlen betrieben werden müssen, bringt die Eröffnung der Kraftwerke eine wesentliche Ersparnis und volkswirtschaftliche Vorteile mit sich. Die Inbetriebnahme von Opponitz mit 51,4 Mill. kWh z. B. macht nicht weniger als die Einfuhr von 7000 Eisenbahnwagen Kohlen im Jahr entbehrlich. Der von den Drehstromerzeugern mit 5000 V und 50 Per./s abgenommene Strom wird auf 100 kV umgespannt und durch eine 20 km lange Leitung der Freiluftschaltstelle Gresten zugeführt. Hier münden auch die Kraftleitungen von Partenstein und Gaming ein. Von Gresten führt eine 100 kV-Doppelleitung, die mit 120 km die längste Fernleitung Österreichs ist, nach Wien-Floridsdorf, wo der Strom auf 29 000 und 5000 V heruntergespannt und in das Wiener Ortnetz geleitet wird. Nach Ausbau des Netzes wird eine Zweigleitung von Gresten mit 100 und 45 kV nach Linz, Klein-München, Hart/Linz, Wels und Steyr geführt. (Mitteilungen der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H. 1925 H. 15.)

[N 213] Js.

Die maschinellen Einrichtungen der Eisenhüttenwerke.

Von Hub. Hoff, Aachen.

(Forts. von S. 1022, Rheinlandheft I.)

Wagen und Lokomotiven.

Die Wagen für die Beförderung von flüssigem Eisen und flüssiger Schlacke müssen mit besonderer Sorgfalt durchgebildet werden, da ihre Entleerung besonderer Einrichtungen bedarf. Der Roheisenpfannenwagen der Jünkerather Gewerkschaft, Jünkerath (Rhld.), Abb. 23 und 24, kann 35 t Roheisen aufnehmen. Er ist mit einer Pfannenkippvorrichtung versehen, die von Hand betätigt wird. Abb. 25 und 26 zeigen einen Schlackenwagen von der gleichen Firma für 9 m³ Inhalt. Der Schlackenkübel ist aus Gußeisen. Diese Wagen dienen für die Beförderung von flüssiger Schlacke zur Halde. Die Schlacke wird durch Kippen des Kübels in flüssigem Zustand ausgegossen. Außer diesen Sonderwagen führen die Hüttenwerke noch andere, z. B. zur Beförderung der Thomasschlacke vom Stahlwerk zur Schlackenmühle, die abhebbare Hauben haben. Die Schlacke wird flüssig eingelassen, jedoch erst vom Wagen entfernt, nachdem sie erstarrt ist, was durch Abheben der Haube mittels Kranes und nachfolgendes Kippen der Wagenplattform geschieht.

Obschon für die Beförderung der Rohstoffe, der Halb- und Fertigerzeugnisse von den Entladestellen der Schiffe und Eisenbahnwagen bis zu den Verladehallen der Fertigerzeugnisse Sonderhebezeuge und Fördereinrichtungen aller Art, besonders Laufkrane, Motorlaufkatzen, Rollgänge und dergleichen in steigendem Maß angewendet werden, bleiben noch erhebliche Fördermengen für die Schienenwege vorbehalten. Alle Arten von Lokomotiven, gefeuerte und feuerlose, Motorlokomotiven und elektrische Lokomotiven werden benutzt. Wo Lokomotiven in das Innere der Hallen einfahren müssen, finden die feuerlosen Lokomotiven bevorzugte Verwendung, besonders wenn die elektrischen Lokomotiven wegen der Schwierigkeiten, die bei Anbringung der Schleifleitungen entstehen, und Batterielokomotiven wegen der hohen Anschaffungskosten ausscheiden. Der elektrische Lokomotivbetrieb verspricht im allgemeinen nur dann einen wirtschaftlichen Erfolg, wenn der ganze Lokomotivbetrieb elektrifiziert wird. Diesen Schritt haben die Rheinischen Stahlwerke für ihr Werk in Duisburg-Meiderich getan.

Im Kraftwerk sind bereits zwei Einankerumformer von je 600 kW Drehstrom-Gleichstrom für 5000/600 V aufgestellt, ein weiterer Maschinensatz von 1200 kW soll hinzukommen. Die Schaltanlage ist mit einem Schnellschalter versehen, der ermöglicht, Kurzschlüsse in 0,1 s abzuschalten. Zurzeit sind 28 elektrische Lokomotiven in Benutzung, von denen ein Teil für reinen Oberleitungsbetrieb, ein Teil für eine gemischte Speisung aus Oberleitung und Batterie eingerichtet ist. Auch einige Selbstfahrer, Abb. 27, sind in Benutzung; es sind große Plattformwagen mit eingebauter Batterie und Antriebmotoren. Vier Lokomotivbauarten werden verwendet: 1. mit 4 Motoren, 520 PS Leistung, 2. mit 2 Motoren, 220 PS Leistung, 3. Batterie-Lokomotiven mit 100 PS Leistung, 4. Lokomotiven mit 20/30 PS Leistung.

Die Fahrstrecke hat eine Länge von 12 km, das Hüttennetz eine solche von 53 km. Es ist in 8 Bezirke unterteilt, die vom Krafthaus einzeln und zusammen abgeschaltet werden können. Die Strecken Hochofen bis Mischeranlage und Mischer bis Thomasstahlwerk sind reine Oberleitungsstrecken. Alle übrigen Strecken werden mit gemischtem System befahren, da hier Verladeeinrichtungen, Krananlagen, Hochofenabstichbühnen und andere die Gleise überschneidende Bauten ein vollständiges Überspannen der Gleise unmöglich machen. Auf der Schlackenhalde sind zum Spannen des Oberleitungsnetzes Galgenmasten aufgestellt worden, die mit dem Gleis zusammen bei Bedarf verschoben werden. Auf dem Werkbahnhof liegen 13 Gleise nebeneinander, so daß sich Entfernungen zwischen den Masten bis zu 50 m ergeben. Hier ist die Vielfachaufhängung angewendet worden. Die Fahrdrähte von 100 mm² hängen in Porzellanisolatoren an Spanndrähten aus Gußstahl von 6 mm Dmr. Über diesen Spanndrähten sind im Abstand von 1,3 m verzinkte Tragseile von 13 mm Dmr., ebenfalls an Porzellanisolatoren befestigt, mit Durchhang gespannt. Zu beiden Seiten der Fahrdrahthalter befinden sich kurze Verbindungsdrähte, die mit den Tragseilen durch Klemmen verbunden sind. Die einzelnen Strecken sind durch Speisekabel und Rückleitungskabel mit dem Krafthaus verbunden. Abb. 28 zeigt einen Zug mit Kübelwagen mit Koks für die Hochofenbegichtung, Abb. 29 einen solchen mit Schlackenwagen. Mit den zurzeit im Betriebe befindlichen 28 Lokomotiven werden monatlich durchschnittlich 1,150 Mill. tkm geleistet. Der Stromverbrauch ergibt sich zu rd. 200 Watt/tkm Die Energiekosten werden zu 0,01 ℳ/tkm verrechnet. Die Un-

Abb. 23 und 24. Roheisenpfannenwagen der Jünkerather Gewerkschaft für 35 t Roheisen

Abb. 25 und 26. Schlackenwagen der Jünkerather Gewerkschaft für 9 m³ Inhalt.

Abb. 27. Großer Plattformwagen mit eingebauter Batterie und Antriebmotoren.

Abb. 28. Kübelwagenzug mit Koks für die Hochofenbegichtung.

terhaltungskosten verteilen sich wie folgt: 28 vH für den elektrischen Teil, 46 vH für den mechanischen Teil, 26 vH für die Batterien. Alle Instandsetzungsarbeiten einschließlich der Batterien werden in eigener Werkstatt ausgeführt. Auf die Gesamtunterhaltung ergibt sich je Monat und Lokomotive 1,15 Arbeiter. Im Vergleich mit reinem Dampfbetrieb errechnen sich Ersparnisse, die bei gemischtem Oberleitungs- und Batteriebetrieb 50 vH, bei reinem Oberleitungsbetrieb 60 vH ausmachen. Diese großen Ersparnisse ergeben sich aus den verhältnismäßig geringen Betriebstunden, die auf den einzelnen Strecken zwischen 6 und 16 h schwanken. Ein Energieverbrauch ist bei elektrischem Betrieb in den Arbeitspausen naturgemäß ausgeschlossen.

Die Roheisenmischer sind Behälter aus Eisenblech mit feuerfestem Futter, die zwischen Hochofen und Stahlwerk eingeschaltet werden. Sie dienen, wie der Name sagt, zum Mischen des Roheisens von den verschiedenen Öfen und Abstichen, um die unvermeidlichen Schwankungen der physikalischen und chemischen Beschaffenheit auszugleichen. Gleichzeitig wirken sie auch als Entschwefler und im Laufe der Zeit immer mehr als Speicher, da Zufuhr von den Hochöfen und Entnahme für das Stahlwerk nicht in gleichen Mengen und gleichen Zeitabständen erfolgen können. Ihr mittleres Fassungsvermögen ist deshalb seit ihrer Einführung von 100 t auf rd. 1500 t gesteigert worden. Die ersten Mischer hatten birnenförmige Gestalt. Sie waren um eine Achse drehbar gelagert und wurden zwecks Entnahme von Roheisen am hinteren Ende durch einen Druckwasserkolben so viel gehoben, daß die für eine Ladung der Birne erforderliche Menge am Mündungshals ausfloß. Solche Mischer eigneten sich nicht für große Ausmaße. Die Kölnische Maschinenbau-A. G. (jetzt Bamag-Meguin) baute als eine der ersten sogenannte Flachherdmischer, Abb. 30, und Rundmischer, Abb. 31. Die Flachherdmischer unterscheiden sich in ihrem äußeren Aufbau nicht wesentlich von den kippbaren Martinöfen, sie werden als Vorfrischmischer vereinzelt angewendet. Der Rundmischer ist wegen seiner Vorzüge allgemein eingeführt worden. Das zylindrische Gefäß ist in Rollenkränzen gelagert, die eine gute Aussteifung für das Gefäß herbeiführen und bewirken, daß für die Drehbewegung nur eine geringe Kraft erforderlich ist. Bei der zunehmenden Anwendung der elektrischen Antriebe in den Hüttenbetrieben war es selbstverständlich, daß man dazu überging, auch die Kippvorrichtung der Mischer elektrisch anzutreiben, für die vorher nur Druckwasser verwendet wurde. Der elektrische Antrieb der Kippvorrichtung erfolgt entweder auf die Spindelmutter, Abb. 32, oder auf die Spindel selbst, Abb. 33. Durch die kugelige Lagerung im Antriebgehäuse wird jedes Zwischenglied vermieden und erreicht, daß die Wärmeausdehnungen des Mischers ohne Einfluß auf das Getriebe bleiben. Der Axialschub wird durch Kugellager aufgenommen, die wie das ganze Getriebe in Öl laufen.

Die Hebezeuge der Stahlwerke.

In den alten Windfrischhütten wurde als Gießkran, als Kokillenkran und Blockkran der hydraulische Drehkran verwendet, weil der Laufkran seine erheblichen Vorzüge erst nach Einführung der elektrischen Antriebe zeigen konnte. Infolgedessen war bis zur letzten Jahrhundertwende auch in den Thomas- und Martinstahlwerken der Drehkran am meisten anzutreffen. Hierin trat schnell Wandel ein, als der elektrische Dreimotorenlaufkran durchgebildet war. Alsbald ging man an den Umbau der Anlagen, und schnell fanden die Laufkrane für die verschiedenen Sonderzwecke geeignete Durchbildung und Einführung in die Stahlwerke, so als Pfannenkrane zum Befördern von Roheisen und Stahl, als Beschickmaschinen für die Herdöfen, als Blockkrane, als Kokillenabziehkrane (Stripperkrane), Tiefofenkrane, Schrottverladekrane mit Hubmagneten zum Befördern der Beschickmulden usw. Auch über den Gaserzeugern bewährt sich der Laufkran mit Selbstgreifer am besten. Nur in den Thomaswerken wird zum Befördern der Gießpfanne unter die Birnen zwecks Aufnahme der Stahlschmelze und weiter zum Gießstand ein Wagen, Abb. 34, vorwiegend verwendet, weil der Laufkran in der Birnenbühne ein Hemmnis findet und nur nach Einbau von aufklappbaren Bühnen

Abb. 29. Elektrisch angetriebener Werkzug mit Schlackenwagen.

Abb. 30. Flachherdmischer.

Abb. 32. Elektrischer Antrieb der Kippvorrichtung eines Rundmischers über die Spindelmutter.

Abb. 33. Elektrischer Antrieb der Kippvorrichtung über die Spindel.

verwendbar ist. Abb. 35 zeigt einen Querschnitt durch das Martinwerk der Akt.-Ges. Phoenix, Ruhrort, aus dem die Anordnung der Hebezeuge hervorgeht. In dem eingebauten Dampfkessel wird die Wärme der Ofenabgase nutzbar gemacht.

Die Walzwerke.

Für die Hebezeuge der Walzwerke gilt das für die der Stahlwerke Gesagte. Der Laufkran hat die Drehkrane fast ganz verdrängt. Die Greiforgane mußten auch hier für die Sonderzwecke zum Teil erst durchgebildet werden. So entstand der Walzenwechselkran, der Blockausziehkran, der Pratzenkran u. a. m. Auch auf den Stapelplätzen der Walzwerke wird zum Verladen der Träger und Schienen der auf einer Hochbahn laufende Laufkran dem Portalkran vorgezogen, da letzterer der zweckmäßigen Ausbildung der Gleisanlagen vielfach ein Hindernis ist.

Die Hilfsmaschinen der Walzwerke haben neuerdings ganz besonderes Interesse beansprucht. Ihre zweckmäßige Durchbildung hat in manchen Fällen

Abb. 31. Rundmischer.

Abb. 34. Gießpfannenwagen für Stahlwerke.

den gleichen Einfluß auf Menge und Güte der Erzeugung wie die der Antriebmaschinen der Walzenstraßen selbst. Besonders trifft das zu für die Rollgänge, die das Walzgut in der Walzrichtung bewegen, für die Kant- und Verschiebeapparate, die die Aufgabe haben, den Walzstab im Block oder Vorgerüst von einem Kaliber zum andern zu führen und ihm um 90 ° zu drehen, für die Querschleppanlagen vor und hinter den Straßen, für die Anstellvorrichtung der Oberwalze, für die Scheren und Sägen und ähnliche Hilfsmaschinen, die bei der Durchführung des Walzvorganges unmittelbar herangezogen werden. Auch hier sind die Fortschritte besonders bezüglich Erhöhung der Geschwindigkeit vielfach auf das Anwenden der elektrischen Antriebe zurückzuführen. Allerdings sind dampfhydraulische Blockscheren an den Blockstraßen bezüglich Schnittzahl noch nicht von den elektrisch angetriebenen Scheren erreicht worden und behaupten sich auch dort noch an den Blockstraßen, wo man Dampfantriebe und hydraulische Anlagen ausgeschaltet hatte.

Die Eigenart des Walzwerkbetriebes hat zur Folge gehabt, daß von den Rollgängen in steigendem Umfange Gebrauch gemacht wird, obwohl sich bei diesem Fördermittel ein außerordentlich niedriger Wirkungsgrad ergibt. Besonders bei Umkehrstraßen trifft das zu infolge der erheblichen Massenbeschleunigungsarbeit für die umlaufenden Massen der Rollgänge, die alsbald wieder abgebremst werden muß. Nachdem man lange Zeit auf einfachste maschinelle Einrichtungen gehalten hatte, macht sich doch neuerdings das Bestreben bemerkbar, sich auch hier die Fortschritte des Maschinenbaues zunutze zu machen. Wie die Lager der Walzen werden auch die Rollganglager schon vielfach auf das sorgfältigste als Rollenlager ausgebildet. Diese Bestrebungen werden eine wesentliche Stütze in der Tatsache finden, daß der Energieaufwand für die maschinellen Hilfseinrichtungen in den Walzwerken einen erheblichen Teil des Gesamtaufwandes ergeben. Kürzlich ausgeführte Versuche in einem Walzwerk haben gezeigt, daß der Energieaufwand für die maschinellen Hilfseinrichtungen beim Walzen von Trägern NP 30 bis 40 je nach dem Beschäftigungsgrad 45 bis 55 vH der für die Walzarbeit aufgewendeten Energie ausmacht. Die Untersuchungen erstrecken sich auf alle Förder- und Hilfsmaschinen von der Übernahme des Rohblockes bis zum Ablegen des fertigen Walzstabes auf das Versandlager.

Eine von der Maschinenfabrik Sack G. m. b. H., Düsseldorf-Rath, erbaute Blockstraße zeigt Abb. 36, aus der das Kammwalzgerüst, die Anordnung der Kuppelspindeln, die elektrisch angetriebene Oberwalzen-Anstellung und der Einbau des Kant- und Verschiebeapparates in den Arbeitsrollgang, Abb. 37, zu ersehen ist. Sorgfältig sind die Rollgangantriebe durchgebildet und gekapselt. Eine neue Kantvorrichtung für Triostraßen wird von der Schloemann-A.-G., Düsseldorf, Abb. 38 und 39, ausgeführt. Das Kanten erfolgt zwangsweise nach jedem zweiten Stich. Das von der Walze kommende Walzgut wird von einer schwenkbaren Rinne aufgenommen. Nach Schwenkung der Rinne gleitet der Stab von dieser über eine schiefe Ebene auf den Rollgang, wobei das Kanten: Drehen des Stabes um 90°, vor sich geht. Der gekantete Stab wird durch einen sich selbstätig nach der Kaliberbreite einstellenden Anschlag in der richtigen Lage gehalten. Die Einstellung des Anschlages wird durch eine Kurvengleitschiene entsprechend der Kalibrierung geregelt.

Für die glatte und genaue Durchführung des Walzvorganges ist eine dauernd richtige Lage der Walzen Vorbedingung. Es ist deshalb wichtig, das unvermeidliche Nachstellen der Arbeitswalzen leicht und schnell mit einfachen Hilfsmitteln bewirken zu können. Schloemann hat für die Niederrheinische Hütte, Duisburg-Hochfeld, ein Trio-Walzgerüst, Abb. 40 und 41, durchgebildet, bei dem die drei Walzen von einer Seite aus nachgestellt werden. Die Schraubenköpfe sind so durchgebildet, daß statt eines Schraubenschlüssels ein Rundeisen benutzt wird.

Abb. 35. Querschnitt durch das Martinwerk der Akt.-Ges. Phönix, Ruhrort.

Abb. 36. Blockstraße, erbaut von der Maschinenfabrik Sack.

Abb. 37. Kant- und Verschiebeapparat von Sack.

Zur Abwicklung des Walzprogrammes bedeutet der Walzenwechsel nach Fertigstellung eines Profiles eine unangenehme Unterbrechung des Erzeugungsvorganges. Man ist zwecks Zeitersparnis in einzelnen Fällen dazu übergegangen, die ganzen Walzgerüste auszuwechseln, um die zeitraubende Arbeit des Einbaues von Walzen, Lagern und Einbaustücken in aller Ruhe und Sorgfalt vorher durchzuführen und die Betriebunterbrechung zu verkürzen. Eine neuartige Einrichtung stellt nach dieser Richtung die von Schloemann für die Niederrheinische Hütte gebaute Trio-Straße für Stabeisen dar, Abb. 42 bis 44. Die Walzenständer haben einen auswechselbaren Rahmen, der kassettenartig eingeschoben wird und alle Armaturen mit den Walzen enthält. Der Walzenwechsel geht in gleicher Zeit vor sich wie beim Wechsel der ganzen Gerüste, jedoch sind nicht die schweren Hebezeuge erforderlich und es ist nicht nötig, die schweren Ständer in doppelter Anzahl vorrätig zu halten.

Nach Beendigung des Walzvorganges werden die Stäbe möglichst in walzwarmem Zustand in Längen geteilt, die für die weitere Verwendung geeignet sind, und die unganzen Köpfe müssen abgeschnitten werden. Bei einfachen Querschnitten geschieht das durch Scheren, bei den Profileisen durch Sägen. Dieser Vorgang darf kein Hemmnis für den ununterbrochenen Walzprozeß werden, er muß also möglichst schnell vor sich gehen und eine saubere Schnittfläche ergeben. Auch darf der Stab nicht verbogen und der Rollgang, auf dem der zu teilende Stab ruht, nicht überanstrengt werden. Eine Vervollkommnung in diesem Sinne bedeutet die von der Maschinenfabrik Sack, Düsseldorf-Rath, gebaute elektrisch betriebene Schere mit zwei beweglichen Messern, Abb. 45 bis 47. Ober- und Untermesser werden durch einen ausschwenkbaren Hebel bewegt, der auf die beiden Messerschlitten in entgegengesetzter Richtung drückt und daher je nach Größe des Widerstandes, der ihm von dem einen oder dem andern Messerschlitten entgegengesetzt wird, seinen Drehpunkt an dem einen oder andern in Ruhe verbleibenden Schlitten hat. Im Gestell *a* ist ein Obermesserschlitten *b* mit Messer *k* und ein Untermesserschlitten *c* mit Messer *l* angeordnet. Der Untermesserschlitten ist hakenförmig aus-

Abb. 38 und 39. Kantvorrichtung für eine Triostraße der Schloemann-A.-G., Düsseldorf.

Abb. 40 und 41. Triowalzgerüst für die Niederrheinische Hütte, Duisburg-Hochfeld, erbaut von Schloemann.

a Anstellung der Oberwalze *b* Anstellung der Mittelwalze *c* Anstellung der Unterwalze *d* Ösenschrauben zur Aufnahme der Oberwalze.

a Ösenschrauben zur Aufnahme der Oberwalze
b Schlitze für Hundbalken.

Abb. 42 bis **44.** Trio-Walzenständer von Schloemann für eine Stabeisenstraße der Niederrheinischen Hütte.

Abb. 51. Walzgerüst zur Vorstraße nach Abb. 49, Deckel und Oberwalze abgehoben.

gebildet und steht durch ein Gelenkstück *d* in Verbindung mit dem bei *f* im Oberschlitten *b* gelagerten Winkelhebel *e*, der bei *g* durch die Zugstange *h* mit dem Antriebexzenter *i* verbunden ist. Wenn die Zugstange *h* in der Pfeilrichtung bewegt wird, findet der Winkelhebel *e* seinen Stützpunkt an dem Gelenkstück *d*, weil der Oberschlitten leichter ist als der Unterschlitten. Der Oberschlitten wird somit gesenkt, bis sich das Obermesser *k* auf den zu schneidenden Block *m* aufsetzt. Dadurch erhöht sich der Widerstand, den der Messerschlitten dem Hebel bietet und es wechselt nunmehr der Winkelhebel *e* seinen Drehpunkt. Der Hebel dreht sich um den Punkt *f*, es wird infolgedessen der Untermesserschlitten nach oben bewegt und der Block *m* geschnitten.

Abb. 50. Duo-Walzgerüst mit Schleppwalzen von Haniel & Lueg.

a Gestell
b Obermesserschlitten
c Untermesserschlitten
d Gelenkstück
e Winkelhebel
f Lagerung des Winkelhebels
g Verbindungsstelle
h Zugstange
i Antriebexzenter
k Obermesser
l Untermesser
m zu schneidender Block
n Geradführung für Obermesserschlitten
o Geradführung für Untermesserschlitten

Abb. 49. Vorstraße zu einem Drahtwalzwerk für 320/340 Walzen-Dmr. mit Schleppwalzenantrieb von Haniel & Lueg, Düsseldorf.

Abb. 45 bis **47.** Elektrisch betriebene Schere mit zwei beweglichen Messern, gebaut von der Maschinenfabrik Sack, Düsseldorf-Rath.

Abb. 48. Umlaufende Schere nach Sack bei einer Stabeisenstraße der Niederrheinischen Hütte, Duisburg.

Die Schere wird mit einem selbsttätigen Niederhalter versehen, der den Stab während des Schnittes fest einspannt. Das abgeschnittene Blockstück kann nach Vollendung des Schnittes sofort abrollen. Der Stab vor der Schere bleibt eingespannt, bis das Untermesser sich gesenkt hat und mit ihm der Niederhalter, der dann mit dem Obermesser hochgeht und den Stab zum Vorfahren freigibt. Mit dieser Schere kann eine große Schnittzahl erreicht werden.

Walzgut von geringem Querschnitt muß, um den mit großer Geschwindigkeit austretenden Stab auf die dem mechanischen Kühlbett entsprechende Länge zu unterteilen, in der Bewegung geschnitten werden, wozu umlaufende Scheren zur Verwendung kommen. Abb. 48 zeigt eine umlaufende Schere nach Sack bei einer Stabeisenstraße der Niederrheinischen Hütte, Duisburg.

Die Maschinenfabrik Haniel & Lueg, Düsseldorf, hat vorgeschlagen, auch bei Stabeisenstraßen den sogen. Schleppwalzenantrieb anzuwenden, der bisher nur bei Feinblechwalzen üblich ist. Bei dem Umbau eines Drahtwalzwerkes wurde zwecks Erhöhung der Erzeugung eine zweite Vorstraße angeordnet, die nach diesem Vorschlag ohne Kammwalzen von einem Elektromotor unmittelbar angetrieben wird. Die Anordnung dieser Straße ist aus Abb. 49 ersichtlich. Die Schleppwalze liegt beim ersten Gerüst oberhalb, beim zweiten Gerüst unterhalb der mit dem Motor gekuppelten Walze. Beim Leerlauf der Straße werden die Schleppwalzen durch ein leichtes Rädergetriebe, Abb. 50, in Drehung versetzt. Das Rad auf der angetriebenen Walze ist nicht aufgekeilt, wird vielmehr durch Reibung mitgenommen. Sobald ein Stab von den Walzen erfaßt ist, wird die Schleppwalze durch diesen in Drehung versetzt, während das Zahnradgetriebe leer läuft und keine Kräfte überträgt. Abb. 51 zeigt, wie der Ausbau der Oberwalze gleichzeitig mit dem Deckel erfolgt. Die Walzenlager sind als Rollenlager ausgeführt. Gegen Eindringen von Spritzwasser sind sie sorgfältig gedichtet. Die Straße ist seit mehreren Monaten im Betriebe. Sie hat sich in jeder Beziehung bewährt. Sie läuft infolge Fortfalles der Kammwalzen und der zweiten Kuppelspindel fast geräuschlos. Die geringe Leerlaufarbeit entspricht den Erwartungen.

(Schluß folgt.) [B 674]

Der neue Schlagwetteranzeiger „Wetterlicht".

Schlagwetterexplosionen, die in kleinem Umfange sehr zahlreich im Kohlenbergbau vorkommen, leider aber auch — besonders in Begleitung mit Kohlenstaubexplosionen — mit großen Zerstörungen und einer großen Anzahl von Toten und Verwundeten enden, werden zu 59 vH durch Entzündung an der sogenannten Benzin-Sicherheitslampe ausgelöst. Dieser erheblichen Gefahr wollen die Gruben ausweichen durch Ersatz der Benzinlampe durch die elektrische. Die alte Sicherheitslampe stellt aber zugleich einen trefflichen Schlagwetteranzeiger dar, der nicht entbehrt werden kann. Die Frage des Ersatzes der Benzinlampe ist daher auch gleichbedeutend mit der eines neuen Schlagwetteranzeigers.

Von einem solchen praktisch brauchbaren Schlagwetteranzeiger muß man bei dem rauhen Grubenbetrieb Unempfindlichkeit gegen schlechte Behandlung, Einfachheit und leichte Handhabung verlangen. Als einzig zuverlässiges Verfahren kommt infolge der immer mehr zunehmenden Betriebsgeräusche nur die Lichtanzeige in Betracht. Ein nach diesen Grundsätzen aufgebautes Gerät stellt der neue Schlagwetteranzeiger „Wetterlicht" dar[1]), der nach folgenden physikalischen Grundsätzen arbeitet: Läßt man auf einen Draht aus katalytisch wirkendem Stoff Wasserstoff oder irgendwelche Kohlenwasserstoffe einwirken, so tritt eine Verdichtung des Gases im Draht ein; der Draht erwärmt sich durch die freiwerdende Kompressionswärme. Durch die Verdichtung des Gases im Draht wird auch die Entzündungstemperatur des Gases wesentlich herabgesetzt, d. h. bei Anwesenheit von Sauerstoff tritt eine Oxydation unter Wärmeabgabe ein bei einer Temperatur, bei der unter gewöhnlichen Umständen noch keine Verbrennung einsetzt. Die praktische Auswirkung des Verfahrens bot bei Methan im Gegensatz zu dem leicht entzündlichen Wasserstoff Schwierigkeiten. Man ist gezwungen, die Kohlenwasserstoffe zunächst in Wasserstoff und Kohlenstoff oder Azetylen zu zersetzen durch die katalytische Wirkung von Palladium. Erwärmt man dann einen Platindraht, der von einer feinen Schicht von Palladium und Iridiumkriställchen überzogen ist, elektrisch auf 250 °C vor, so werden in reiner Luft der Draht und die an ihm haftenden Iridiumkriställchen noch dunkel bleiben, bei 2 vH Methanbeimischung zur Luft aber bereits gut rotglühend sichtbar werden. Bei 4 vH Methangehalt der Luft werden die Kristalle hell rotglühend und erwärmen auch mittelbar den Draht auf höhere Glut. Bei 6 vH Methanbeimischung gerät der ganze Draht in Weißglut, da sich jetzt das im Draht okkludierte unzersetzte Methan an den hellglühenden Kristallen entzündet. Die Weißglut bleibt auch bei höherem Methangehalt bestehen. Um zu verhindern, daß der Draht durchschmilzt, wird der Platindraht mit 10 bis 20 vH Ruthenium legiert.

Die Verbrennungskammer besteht aus einem Glaszylinder, dessen von einer Glasfilterplatte gebildeter unterer und oberer Abschluß das Gasgemisch fast ungehindert eintreten läßt. Eine Übertragung der Verbrennung nach außen hin ist ausgeschlossen und die erzielte Sicherheit nach menschlichem Ermessen vollkommen. Die Dauer einer Untersuchung der Wetter auf Grubengas beträgt ungefähr eine halbe Minute. Die Höhe des mit einer Lampe verbundenen Schlagwetteranzeigers beträgt ausschließlich der Tragöse 400 mm; das Gewicht ist nicht erheblich größer als das einer gewöhnlichen elektrischen Grubenlampe.

[N 364] **Prockat.**

[1]) „Glückauf" Bd. 61 (1925) S. 245.

Der Stand des Motorpflugwesens.

Von Professor Dr. Martiny, Halle.

(Schluß von S. 923.)

5. Steinschutz.

a) Cerva-Motorpflug.

Die Einrichtung des für steinige Böden bestimmten Cerva-Motorpfluges ist auf S. 867 besprochen worden.

b) Pendelkörper von Stock.

Jener Motorpflug, der mit am empfindlichsten gegen Steine war, weil die Pflugkörper starr ohne Zwischenglieder am Rahmen der Zugmaschine befestigt waren, nämlich der Stock-Motorpflug, ist neuerdings für steinige Böden mit Pendelkörpern ausgerüstet worden. Jeder einzelne Pflugkörper sitzt an einem besonderen Grindel, der am Fahrzeugrahmen gelenkig befestigt ist, so daß der Pflugkörper einem Stein nach oben oder nach der Seite ausweichen kann, Abb. 70. Um am Ende der Furche ausgehoben werden zu können, ist jeder Pflugkörper am Fahrzeugrahmen mittels einer Kette angehängt, die beim Pflügen meist etwas schlaff ist. Dadurch geht ein Teil der Aushebestrecke verloren, die für den vordersten Pflugkörper schon bei starrer Befestigung nicht allzu reichlich ist, weil das Ausheben in der Weise erfolgt, daß das hinten am Fahrzeugrahmen sitzende Lenkrad gegenüber dem Rahmen gesenkt und dadurch der Rahmen etwas um die Triebradachse aufgekippt wird. Aber dieser Verlust an Aushebestrecke wird dadurch wieder eingebracht, daß die Pflugkörper infolge der Zwischenschaltung der Grindel einen größeren Hebelarm bis zur Triebradachse erhalten. Damit die Pendelkörper gegen seitliches Ausweichen elastisch geführt werden, sind sie untereinander und mit dem Fahrgestell durch Ketten verbunden, in welche Schraubenfedern eingeschaltet sind, Abb. 70. Dem Hersteller erwächst bei dieser Anordnung die Aufgabe, dafür zu sorgen, daß die im Boden schwebenden Pflugkörper auch bei wechselnden Bodenverhältnissen eine gleichförmige Tiefe nehmen, obwohl der Führer zur augenblicklichen Regelung der Pflugtiefe nur das für die einzelnen Pflugkörper verschieden wirkende Mittel der lotrechten Verstellung des Lenkrades hat.

Die Untergrundlockerer werden in der Weise angebracht, daß in der Vorfurche ein an besonderem Grindel sitzender Untergrundlockerer geht, Abb. 71, und hinter jedem Pflugkörper mit Ausnahme des hintersten ein Untergrundlockerer unten mit Kette angehängt, oben in einer Öse geführt wird, Abb. 72. Das senkrechte Spiel, das die letzten Untergrundlockerer gegenüber dem zugehörigen Pflugkörperrahmen haben, ist in Abb. 73 dargestellt. Ferner lassen die Abbildungen erkennen, daß die Schneide des Untergrundlockerers nicht schnabelförmig nach vorn zeigt, sondern gegenüber seinem annähernd senkrechten Stiel kaum nach vorn vortritt, damit sie sich nicht so leicht unter einem Stein festhakt. Bei der Hauptprüfung von Untergrundpflügen, die in diesem Jahre in Lindenberg bei Beeskow i. d. Mark stattfand, hatte der Stockpflug mit Pendelpflugkörpern und Untergrundlockerern reichlich Gelegenheit, sich mit Steinen abzufinden.

c) Steinauslösung der MAN.

Die Pflugkörper sitzen an einem starren Rahmen, der in üblicher Weise mit einer Schraubenfeder an die Zugmaschine angehängt ist, Abb. 74 bis 76. Wenn infolge Aufstoßens auf einen Stein die Schraubenfeder sich um ein gewisses Maß verlängert, so schnappt ein Bestandteil der Anhängevorrichtung aus, das Pfluggerät bleibt stehen und löst dadurch mit einem Drahtseil die Reibkupplung, so daß auch die Zugmaschine stehen bleibt. Um diese Wirkung zu erreichen, ist zwischen die Schraubenfeder f_1, Abb. 74, und den Pflugrahmen ein Kupplungsschloß k eingeschaltet. Die an der Schraubenfeder hängende Kupplungshälfte trägt an ihrem Ende einen Querbolzen q. Die mit dem Pfluggerät verbundene Kupplungshälfte trägt eine Schleife

RZ113Z70

Abb. 70. Pendelkörper am Stocklei.

RZ113Z71

Abb. 71. Vorderster Untergrundlockerer am Stocklei.

RZ113Z72

Abb. 72. Befestigung von Untergrundlockerern hinter den Pflugkörpern am Stocklei.

s mit einer Rast, in der während des Pflügens (wie in Abb. 74 gezeichnet) der Querbolzen *q* ruht. Dieser Querbolzen wird von einem Winkelhebel *w* gefaßt, der mit dem einen Ende sich auf einen Bolzenkopf *b* auflegt, mit dem anderen Ende an eine Zugstange *z* angehängt ist. Bei einer gewissen Verlängerung der Feder f_1, wie sie bei einem starken Stoß eintritt, zieht die Zugstange *z* den Winkelhebel *w* etwas herum und hebt dadurch den Bolzen *q* aus der Rast heraus, Abb. 75. Dadurch ist die Anhängung unterbrochen. Die Zuglinie könnte sich, indem der Bolzen *q* in der Schleife entlanggleitet, um 120 mm verlängern, bis der Bolzen *q* anschlüge und dadurch die Anhängung wieder schlösse. Bevor es aber dazu kommt, zieht der zurückbleibende Pflugrahmen mittels eines Drahtseiles *d* und einer schwachen Schraubenfeder *f* die Reibkupplung *r* auf, so daß die Zugmaschine stehen bleibt. Nun zieht der Führer mit der Hand den in ausgetretener Lage befindlichen Fußhebel zurück, Abb. 76, und fährt mit der Zugmaschine ein kleines Stück rückwärts. Dadurch schieben sich die beiden Kupplungshälften ineinander, und der Kupplungsbolzen *q* schnappt wieder in seine Rast ein, so daß die Pflugarbeit (unter Umgehung oder nach Beseitigung des Hindernisses) fortgesetzt werden kann.

Bei dieser Steinauslösung müssen die Pflugkörper so stark sein, daß jeder einzelne fast die beim gleichförmigen Bodenwiderstande auf sämtliche Pflugkörper kommende Kraft auszuhalten vermag. Dafür ist die Bauart der Auslösevorrichtung einfacher. Vorteilhaft ist, daß das Ausschnappen auch beim Unterhaken eines Pflugschars unter einen Stein stattfindet, ferner, daß nach erfolgter Auslösung die Zurückführung in den Betriebzustand ohne irgendwelche Instandsetzungsarbeit erfolgt und daher den Führer nur einen unbedeutenden Zeitverlust kostet, so daß er nicht versucht ist, die Steinauslösung unwirksam zu machen, wie dies bei Bruchbolzen beliebt ist.

6. Untergrundbearbeitung.

Die Aufgaben der Motorpflüge sind erweitert worden durch die wachsende Neigung der Landwirte zur Untergrundbearbeitung. In den intensiven Wirtschaften Mitteldeutschlands, den sogenannten Zuckerrübenwirtschaften, wird der Boden im Laufe von vier oder mehr Jahren einmal auf 30 bis 35 cm Tiefe bearbeitet, während sonst die Pflugtiefe 20 bis 25 cm beträgt. Manche Wirtschaften Mitteldeutschlands beschränken sich aber auf die mittlere Pflugtiefe, und in Süddeutschland wird vielfach nur 15 cm tief gepflügt. Die vor Jahrzehnten durch die Einführung des Zuckerrübenbaues und der Dampfpflugkultur hervorgerufene Tieffurche von 30 bis 35 cm hat zu einer Ertragsteigerung der betreffenden Äcker geführt. Aber erst heute gewinnt der Gedanke der Tiefkultur auch außerhalb des Zuckerrübenbaues Verbreitung. Es handelt sich dabei darum, nur die obere Ackerschicht von etwa 20 cm mit dem Pflug zu wenden, die darunter liegende Schicht aber auf 10 bis 15 cm Tiefe zu lockern, ohne sie nach oben zu bringen. Wenn nämlich plötzlich die untere rohe Schicht nach oben gebracht und die obere, gut durchkultivierte Schicht vergraben wird, so ist das den Pflanzen schädlich. Man erzielt die gewünschte Arbeit, indem man in der durch einen Pflugkörper bloßgelegten Furche einen „Untergrundzinken" gehen läßt, der den Boden unterhalb der Pflugsohle noch auf 10 bis 15 cm auflockert. Hierbei treten verschiedene Schwierigkeiten auf. Der Pflugwiderstand wird durch die größere Tiefe gesteigert, und zwar mehr als verhältnismäßig, weil der Untergrund noch nicht kultiviert ist; infolgedessen muß die Arbeitsbreite verringert werden; und daher wird der schiefe Zug stärker, das heißt der Kräftemittelpunkt des

Abb. 73. Senkrechtes Spiel des Untergrundlockerers am Stocklei.

Abb. 74 bis 76. Steinauslösung der MAN.

b Bolzenkopf
d Drahtseil zum Entkuppeln
f Feder für *d*
f_1 Feder für *z*
k Kupplungsschloß
q Querbolzen
r Reibkupplung
s Schleife
w Winkelhebel
z Zugstange.

Abb. 77. Untergrundpflug von Gebr. Eberhardt in Ulm/Donau (ohne Auflockerung der Hinterfurche.

Pflugwiderstandes rückt gegenüber dem Kräftemittelpunkt der Triebkräfte der beiden Triebräder weiter nach rechts, was zur Folge hat, daß entweder das Lenkrad der Zugmaschine einen Seitenschub aufnehmen oder die Landseite des hintersten Pflugkörpers sich nach links abstützen muß; beides ist mit Kraftverlust verbunden. Ferner läuft, falls das rechte Triebrad in der Furche läuft und dem hintersten Körper ein Untergrundzinken folgt, das rechte Triebrad auf gelockerter Sohle, wodurch seine Adhäsion vermindert und sein Fahrwiderstand erhöht wird. Man tut daher gut, den hinter dem hintersten Pflugkörper sitzenden Untergrundzinken vor den vordersten Pflugkörper, um eine Furchenbreite weiter rechts, zu setzen, Abb. 77.

Der Umstand, daß hierbei der schiefe Zug verstärkt wird, veranlaßte die MAN, Doppelpflugkörper, wie sie von der Maschinenfabrik Feldmeister in Langenbielau für Gespannbetrieb als „Garepflug" geliefert werden, anzuwenden, Abb. 78 bis 82, bei denen die Oberschicht und die Unterschicht je für sich gewendet werden und dabei die Oberschicht ungefähr um die doppelte, die untere Schicht um die einfache Breite nach rechts befördert wird, so daß die Oberschicht sich auf die Unterschicht des vorhergehenden Pflugkörpers auflegt.

Weiter bietet es Schwierigkeit, am Ende der Furche den Untergrundzinken so hoch zu heben, daß er aus dem Boden herauskommt. Denn während beim Fehlen eines Untergrundzinkens die auf der Furchensohle laufenden Pflugräder um den vollen Betrag der Arbeitstiefe unterhalb der Ackeroberfläche laufen, also auch um diesen vollen Betrag am Ende der Furche gehoben werden, werden bei der Anwendung eines Untergrundzinkens die Räder am Ende der Pflugfurche nur um den Betrag des Tiefganges des eigentlichen Pflugkörpers, nicht auch des Untergrundzinkens, gehoben. Das bewirkt, daß bei geringer Aushebmöglichkeit der Werkzeuge gegenüber dem Gestell des Pfluges die Untergrundkörper am Vorgewende nicht völlig aus dem Boden kommen und diesen ritzen. Dieser Fehler, der nicht allzu wichtig ist, manchen Landwirt aber verdrießt, wird vermieden, wenn entweder die Aushebung sehr groß ist (wie dies bei den Kipppflügen oder bei dem von einem Kranbalken durch Drahtseil hochgehobenen Pfluggerät des Dreischar-Pöhl-Motorpfluges zutrifft), oder wenn der Untergrundkörper besonders ausgehoben wird (was beim Akra-Motorpflug der Fall ist), oder wenn er ein Pflugkörper ist, auf dessen Sohle die Pflugräder laufen (wie dies beim Gare-Pfluggerät zutrifft). Die meisten Böden haben im Untergrund Steine. Die im Abschnitt 5 erwähnte Hauptprüfung der Untergrundpflüge hat gezeigt, daß es große Schwierigkeit bietet, die Pflüge so zu bauen, daß sie durch diese Steine nicht beschädigt werden. Die Untergrundpflüge Stock, Stumpf (Preußisches Hüttenamt Malapane in Oberschlesien), Sack und Wupa (Eduard J. Wilhelm in Hamburg) haben an jener Prüfung teilgenommen, worüber noch ein Bericht von der DLG erstattet werden wird.

7. Mähmaschinen-Anhängung.

Die Benutzung der Zugmaschinen zum Ziehen der Getreide-Bindemäher bildet, wenn man vom billigen Anschaffungspreis und von der Verwendbarkeit für kleinere Verhältnisse absieht, den wichtigsten Vorzug des Motorpfluges vor dem Dampfpflug. Sie ist für den Landwirt wertvoll, weil es sich in der Getreideernte um eine Spitzenleistung der Gespanne handelt, und weil die Pferde beim Ziehen des Binders um so mehr durch die Hitze leiden, als die frühen Morgenstunden infolge des Tauens nicht zum Mähen benutzt werden. Die sonst beim Motorpflugbetrieb auftretende Schwierigkeit mangelnder Adhäsion der Triebräder fällt hier fort, weil nur bei schönem Wetter gemäht wird und das Stoppelfeld eine vorteilhafte Fahrbahn für die Triebräder bildet. Auf die Arbeitsweise der Mähmaschine wirkt die Zugmaschine günstiger als das Gespann, weil sie eine gleichmäßigere Geschwindigkeit einhält. Die Aufgabe ist, die einzelnen hintereinander an die Zugmaschine gehängten Binder zuverlässig zu steuern, so daß sie nicht nur in der geraden Fahrt, sondern auch in der Bogenfahrt die richtige Arbeitsbreite nehmen. Der Binder ist ein zweirädriges Fahrzeug. Man hat versucht, ihn derart zu steuern, daß man ihm eine Vorderkarre gegeben hat, die vom Bedienungsmann des Binders aus gesteuert wird. Diese Steuerung wirkt aber nicht genügend zuverlässig, weil sich die wenig belasteten Räder der Vorderkarre leicht zur Seite schieben. Aus diesem Grunde hatten bereits vor Jahren amerikanische Firmen und die deutsche Firma Heinrich Lanz in Mannheim die Einrichtung getroffen, daß der Binder ohne Vorderkarre fährt und daß er selber gegenüber der Deichsel gesteuert wird.

Schnitt a–b
Schnitt c–d
Schnitt e–f

Abb. 78 bis 82. Untergrundpflug der MAN.

Abb. 85. Rübenhebeeinrichtung am Stocklei.

Dabei erhält man an dem stark belasteten Hauptrad des Binders eine sichere Führung. In den letzten Jahren haben Fried. Krupp A.-G., Abb. 83 und 84, und Eduard J. Wilhelm in Hamburg (Bauart Wurr) derartige Anhängungen herausgebracht. Über die Einrichtung, das Mähmesser unmittelbar von der Zugmaschine anzutreiben, s. Abschnitt I/5, S. 831.

8. Ziehen von Rübenhebern.

In intensiven Zuckerrübenwirtschaften mit geringem Kartoffelbau ist die Bestellung des Wintergetreides auf allen Feldern mit Ausnahme der Rübenfelder oft bereits im September erledigt, so daß im Oktober keine Pflugarbeit geleistet zu werden braucht. Da ist es erwünscht, den Motorpflug zum Ziehen der Rübenheber benutzen zu können, damit er die Gespanne, die schon durch die Rübenfuhren stark in Anspruch genommen sind, entlastet. Hier gesellen sich aber zu den an den Triebrädern beim Pflügen auftretenden Schwierigkeiten noch neue. Sollen die in einer Reihenweite von 35 bis 50 cm gepflanzten Rüben und ihre Blätter nicht erheblich beschädigt werden, so dürfen die Triebräder kaum über 200 mm, besser nicht über 100 mm breit sein. Das erschwert die Adhäsion und die Tragfähigkeit der Triebräder, zumal während der Rübenernte mit starker Taubildung und geringer Abtrocknung, oft auch mit Regen zu rechnen ist. In den letzten Jahren haben sich die Raupenschlepper verhältnismäßig gut bewährt, weil sie auch bei geringer Auflagebreite eine große Auflagefläche haben. Im letzten Herbst wurde Stocklei mit einer neuen Rübenhebeeinrichtung versehen, Abb. 85, bei der jedes Triebrad zwei Laufmäntel von je 100 mm Breite hat, die in zwei benachbarten Zwischenreihen laufen, Abb. 86 und 87. Auf das von den Greifern befreite Triebrad (dünner gezeichnet) wird ein 160 mm hoher Kranz aufgesetzt, der die beiden Laufmäntel enthält (dicker gezeichnet). Zwischen den beiden Laufmänteln befindet sich ein freier Raum von genügender Höhe, damit die Blätter der zwischenliegenden Rübenreihe nicht wesentlich beschädigt werden. Der Kranz kann auf dem Triebrad so weit seitlich verschoben werden, daß die Spurweite der beiden Triebräder zur Reihenweite der Rüben paßt. Die auf den Laufmänteln des Triebrades sitzenden Greifer sind wie die Mäntel 100 mm breit, und es sind die Greifer des linken Mantels gegenüber denen des rechten etwas versetzt. Das Lenkrad (dünner gezeichnet) ist ebenfalls mit einem Kranzaufsatz (dicker gezeichnet) versehen, Abb. 88 und 89. Die hölzerne Felge ist keilförmig und flach abgerundet.

Die Verteilung der Lauffläche eines Triebrades auf zwei Zwischenreihen verbindet eine Schonung der Rüben und Blätter mit einer guten Tragfähigkeit und Adhäsion. Beim Pflügen hat das linke Triebrad 170 mm Felgenbreite und 360 mm Greiferbreite; beim Rübenheben hat jedes Triebrad 200 mm Gesamtfelgenbreite und 200 mm Gesamtgreiferbreite. Die etwas knappe Greiferbreite wird durch den vergrößerten Laufmanteldurchmesser etwas aufgewogen. Als Radzugmaschine betrachtet, hat der Stockmotorpflug mit dieser Einrichtung eine große Durchzugkraft. Die Form der Felgen des Lenkrades, das bei allen Fahrzeugen mit Hinterradsteuerung einen schwänzelnden Gang hat, also nicht in der Mitte zwischen zwei Rübenreihen geradlinig verlaufen kann, erscheint sehr zweckmäßig. Die seitliche Verstellbarkeit der Kranzaufsätze der Räder ist um so wichtiger, als die Landwirte leider die Reihenweite der Rüben noch nicht genormt haben.

Die Rübenhebemesser, Abb. 90 bis 92, sind am Rahmen des Motorpfluges befestigt, etwa in der Mitte zwischen den Vorderrädern und dem Hinterrad. Weiter vorn angebracht würden sie, da das Ausheben mittels des Hinterrades erfolgt, zu wenig ausgehoben werden können; weiter hinten angebracht würden sie, infolge des größeren Hebel-

Abb. 83 und 84. Bindersteuerung ohne Vorderkarre von Fried. Krupp, A.-G., Essen.

Abb. 84.

armes die Steuerung erschweren. Von den beiden Formen, die für Rübenmesser üblich sind, ist hier jene gewählt worden, die mit einer wagerechten Schneide die Rüben unterfährt. Diese Messer ergeben infolge ihres großen Tiefganges großen Bodenwiderstand und später bei der Abfuhr großen Fahrwiderstand der Rübenwagen, sind aber, abgesehen von ihrer besseren Eignung für harten Boden, hier deshalb erforderlich, weil sie jenen seitlichen Spielraum zulassen, der durch die Befestigung am Rahmen eines hinten gesteuerten und daher hinten schwänzelnden Fahrzeuges erforderlich wird. Um Verstopfungen durch die Blätter möglichst zu vermeiden, ist das erste Messer 1 mit dem zweiten 2, und ebenso das dritte Messer mit dem vierten, an einem gemeinschaftlichen Stiel angebracht. Da die Messer beim Ausheben kaum über die Oberfläche des Bodens hinauskommen, sind ihre Stiele am Fahrzeugrahmen derart gelenkig befestigt, Gelenkachse *g*, Abb. 90, daß sie nach vorn pendeln können (punktiert). Dadurch wird am Vorgewende, wenn man rückwärts fährt, das Aufwühlen vermieden. Außerdem kann man, wenn man sich im Rübenfeld verfahren hat, durch Rückwärtsfahrt die Messer frei bekommen.

Zum Anbringen der Rübenhebeeinrichtung haben nach Angabe der Firma drei Mann vier Stunden zu tun. Die Einrichtung, deren Benutzung das Rübenkraut weniger beschädigt als das Rübenheben mit Ochsen, erscheint insbesondre dann vorteilhaft, wenn der Stocklei als zusätzliche Bodenbearbeitungsmaschine auf einem großen Gut gehalten wird, auf dem beim Rübenheben eine Tagesleistung von annähernd 4 ha angemessen ist. Aber auch auf weniger großen Gütern, die für eine solche Tagesleistung nicht genügend Leute halten, kann die Einrichtung gebraucht werden, indem man die Rüben für eine Woche auf Vorrat hebt, dann den Motorpflug zum Pflügen umstellt, darauf den Motorpflug wiederum zum Rübenheben einstellt, wieder auf Vorrat hebt, usw.

Maßgebend für die Beurteilung ist die Verbindung guter Durchzugkraft mit schneller Umstellmöglichkeit vom Pflügen zum Rübenheben und umgekehrt[1]).

9. Raupenschlepper mit Seilzug.

Schon seit längerer Zeit werden zur Überwindung größerer Widerstände Radschlepper mit Seilwinde ausgerüstet. Ein wichtiges Anwendungsgebiet der Seilwinde ist die Forstwirtschaft, die sowohl das Roden von Bäumen oder Baumstümpfen als auch das Fortschleifen von Stämmen verlangt. Nun eignet sich aber für die Forstwirtschaft gerade der Raupenschlepper gut, weil er bei Fahrt auf unebenem Boden die dem Motor schädlichen Stöße abmildert und Steigungen verhältnismäßig leicht nimmt. Es lag daher ein Bedürfnis vor, den Raupenschlepper mit einer Seilwinde zu versehen, was beim WD-Raupenschlepper geschehen ist, Abb. 93. Die hinten angebaute Winde ist abnehmbar, damit bei andern Arbeiten der Schlepper nicht unnötig belastet wird[2]).

[1]) Vergl. Martiny, Einige Beobachtungen über motorisches Rübenheben. Illustr. Landwirtsch. Zeitung, Berlin, 1925 Nr. 52 S. 588.

RZ113Z88u.89

Abb. 88 und 89. Lenkrad der Rübenhebeeinrichtung.

10. Motoren.

Die Motoren werden immer mehr mit abnehmbaren Zylinderköpfen und hängenden Ventilen angeordnet. Die Formgebung erstrebt zur Verhütung des Schmutzansatzes außen eine möglichst glatte Form, innen möglichst allseitig bearbeitete Verbrennungsräume, wodurch der Motor auch zur Verarbeitung schwererer Brennstoffe fähig wird.

Kämper in Berlin-Marienfelde preßt in die Zylinder Laufbüchsen für die Kolben ein, so daß bei Verschleiß nur die Büchsen ausgewechselt zu werden brauchen. Der Zylindermantel kann aus Aluminium hergestellt werden. Die Kyffhäuserhütte in Artern setzt bei ihrem Akra-Motorpflug die aus Sonderguß hergestellten Zylinder in das Gehäuse ein. Mit den durch gute Leitfähigkeit ausgezeichneten Leichtmetallkolben sind im Motorpflugbau, augenscheinlich infolge der hohen Durchschnittsbelastung des Motors, teilweise schlechte Erfahrungen gemacht worden. Zum Antrieb des Lüfters beginnt man, den unzuverlässigen Riemen durch Zahnräder und Rutschkupplung zu ersetzen.

Die

allgemeine Entwicklung der Motorpflüge

ist folgendermaßen gekennzeichnet: 1. Der Seilpflug ist durch den Gangpflug sehr stark zurückgedrängt. 2. Die Motorleistung der einzelnen Bauarten ist erhöht worden, während gleichzeitig kleinere Bauarten geschaffen sind. 3. Die Einrichtungen für Schwerölbetrieb der Vergasermotoren haben sich nicht allgemein durchgesetzt; die plötzliche Herabsetzung des Spirituspreises hat zu einer Ersparnis an

[2]) Vergl. Hanomag-Nachrichten 1924 Heft 126.

RZ113Z86u.87

Abb. 86 und 87. Treibräder der Rübenhebeeinrichtung von Stock.

g 1 2 RZ113Z90u.92

Abb. 90 bis 92. Hebemesser der Rübenhebeeinrichtung von Stock.

Abb. 93. WD-Raupenschlepper von 25 PS mit Seilwinde, Deutsche Kraftpfluggesellschaft, Berlin.

Brennstoffkosten nicht geführt; der Glühkopfmotor und der vereinfachte Dieselmotor erscheinen aussichtsvoll unter der Voraussetzung von Betriebsicherheit, Billigkeit und Leichtigkeit. 4. Bei der heutigen Preislage muß vor der Aufnahme des Baues von Motorpflügen gewarnt und für die bestehenden Motorpflugfabriken eine Erleichterung teils durch Zusamenschluß, teils durch Abwanderung in die Herstellung von Sonderpflügen gesucht werden. 5. Der Fräser hat sich zum Umbruch von Moor bereits ausgezeichnet bewährt; das Bestreben der Landwirte geht aber auch auf das Fräsen von Mineralböden; die Entwicklung der Fräskultur ist mitten im Fluß, und die Aufnahme des Baues einer Fräse ist noch undankbarer als die eines Motorscharpfluges.

Neue Bauarten von Motorpflügen sind: 1. die Kehrpflüge Wendestock und Daag-Toro; 2. der für steinigen Boden ausgebildete Cerva-Motorpflug; 3. der MTW-Raupenschlepper; 4. die Gutsfräse der Siemens-Schuckert-Werke; 5. die für Obstbaumgärten und Reihenkulturen bestimmten Maschinen: Amstea-Beemann-Trecker und Siemens-Schuckert-Gartenfräse.

Verbesserungen bereits vorhandener Motorpflüge sind die folgenden: 1. Damit man die Anhängepflüge auch zum Schälen benutzen kann, versieht man sie unter dem eigentlichen Pflugrahmen mit einem Schälrahmen, an dem die Schälkörper sitzen. 2. Zum Anhängen an Kleinschlepper sind Pflüge herausgekommen, die zum Saat- und Tiefpflügen zwei- und einscharig, zum Schälen drei- und vierscharig betrieben werden können. 3. Die neueren Triebradmantel- und Greifer-Bauarten haben gegenüber den alten Stockschen Greifern noch keine Überlegenheit gebracht in bezug auf die gleichzeitige Erfüllung der einander widersprechenden Forderungen: Vermeidung des Rutschens, des Einbrechens, des Festbackens von klebendem Boden, des Brechens, des Holperns, des Zeitverlustes beim Übergang von der und zu der Straßenfahrt. 4. Die Höhenverstellvorrichtungen am Pflug sind in dem Sinn ausgebildet worden, daß das Aus- und Einsetzen der Pflugkörper am Ende und Anfang der Pflugfurche ohne Handkraft und ohne Zeitverlust erfolgt und während des Pflügens die Tiefe geregelt werden kann; bemerkenswert sind die Höhenverstellungen des WD-, MAN- und Flader-Tragpfluges und der Anhängepflüge. 5. Der Schutz gegen Zerstörung beim Auftreffen eines Pflugkörpers auf einen Stein wird beim Cerva- und MAN-Pflug durch eine Vorrichtung zum Lösen der Motorkupplung, bei Stock durch pendelnde Anhängung der Pflugkörper bewirkt. 6. Der Untergrund-Pflug der MAN bietet dem rechten Triebrad eine feste Furchensohle ohne Verstärkung des schiefen Zuges und vermeidet das Ritzen des Bodens am Vorgewende. 7. Beim Anhängen der Bindemäher erhält man eine sichere Steuerung, wenn der Binder ohne Vorderkarre angehängt und gegenüber der Anhängedeichsel gesteuert wird. 8. Die Einrichtungen zum Ziehen von Rübenhebern sind vervollkommnet worden. 9. Der WD-Raupenschlepper ist für forstwirtschaftliche Zwecke mit Seilzugvorrichtung versehen worden. 10. Die Motoren sind weiter ausgebildet worden, teilweise in einer vom Automobilbau abweichenden Richtung.

[B 113]

Neue englische Kettenschrämmaschinen.

Auf einer Anthrazitkohlengrube in Süd-Wales läuft eine neue Kettenschrämmaschine der Diamond Coal Cutter Company, Wakefield[1]). Das Flöz ist 0,8 m mächtig und führt eine sehr harte Kohle bei einem Einfallen von 5°. Besonders ungünstig ist eine gebräche Schicht im Hangenden, die durch Grundwasser aufgeweicht wird, da der Betrieb sich in der Nähe des Ausgehenden bewegt; infolgedessen erfordert der Schräm- und Gewinnungsbetrieb große Aufmerksamkeit, um ein Hereinbrechen des Hangenden zu verhüten. Die Betriebsleitung ist daher auf raschen Fortschritt des 70 m hohen Kohlenstoßes bedacht gewesen und hat einen Fortschritt von 35 m in einem Monat erreicht, ohne eine Schrämschicht zu verlieren. Der Schram wird 1,5 m tief geführt. Das Schrämklein ist, da mit Kette gearbeitet wird, verhältnismäßig grobkörnig.

Die Maschine entwickelt bei elektrischem Antrieb 40 PS, ist 440 mm hoch und 690 mm breit. Sie ist vollständig geschlossen. Das Kabel kann nur in stromlosem Zustande mit der Maschine gekuppelt werden, damit Funken vermieden werden. Die Kette ist während des Betriebes nachstellbar. Die senkrechten Wellen sind doppelt gelagert, so daß die Maschine nach Entfernen der Deckplatten im Betriebe besichtigt werden kann. Die Maschine ist mit einem Langsamgetriebe für die Schrämarbeit und mit einem Schnellgang für den Leerlauf ausgerüstet; das erstere kann auf 114 bis 686 mm/min, je nach der größeren oder geringeren Härte der Kohle, eingestellt werden, das Schnellgetriebe gestattet eine Bewegung von 6 m/min. Der Vorschub wird durch eine Seiltrommel mit senkrechter Achse vermittelt, die in der Mitte der Stirnseite gelagert ist und von der aus das Seil durch Umlenkrollen möglichst dicht am Kohlenstoß entlanggeführt und nach rechts oder links gelegt werden kann, so daß die Maschine sowohl nach der rechten als auch nach der linken Seite schrämen kann. Die Maschine schneidet sich zu Beginn der Schrämarbeit selbsttätig in den Kohlenstoß ein.

Die Sullivan Machinery Company, London, hat eine Kettenschrämmaschine[2]) herausgebracht, die sich durch verschiedene Neuerungen auszeichnet und nach Belieben durch Elektromotor oder Druckluft-Turbomotor betrieben werden kann. Die Maschine ist außen vollständig glatt, um möglichst wenig Widerstand bei ihrer Bewegung zu bieten, und aus drei je für sich austauschbaren Teilen (Kettenantrieb, Motor und Vorschubvorrichtung) zusammengesetzt, so daß also nicht nur der Elektromotor gegen einen Druckluftmotor und das Kettengetriebe gegen ein anderes mit veränderter Übersetzung ausgewechselt, sondern auch jeder einzelne Teil für sich nachgesehen und zu diesem Zwecke gegen einen vorrätig gehaltenen Ersatzteil ausgetauscht werden kann. Man kann die Maschine, um die Höhenlage des Schrams zu ändern, einfach umklappen, worauf bei der Schmierung Rücksicht genommen ist. Auf geringe Höhe (305 mm) ist besonderer Wert gelegt worden. Ferner ist die Herstellerin auf möglichst große Widerstandfähigkeit der Maschine gegen Stein- und Kohlenfall bedacht gewesen und hat durch einseitige Probebelastung nachgewiesen, daß durch diese keine nennenswerte Verbiegung mit ihren Wirkungen (Klemmen und Heißlaufen der Lager) eintrat. Der schnelle und langsame Gang der Kette kann durch auswechselbare Getriebe erreicht werden. Die Wangen der Kettenführung sind mit Sonderstahl gefüttert.

Das Windwerk zum Auf- und Abbewegen der Maschine arbeitet nicht mit Schubklinken, sondern ununterbrochen. Je nach Bedarf kann Seil- oder Kettentrieb eingebaut werden. Die Seiltrommel bzw. die Kettennuß ist mit wagerechter Achse verlagert. Die Umkehrung der Bewegung wird bei gleichbleibendem Gang der Trommel (Kettennuß) durch Umlegen des Seiles (der Kette) erreicht. Die Geschwindigkeit kann von 380 mm/min bei harter Kohle auf 1220 mm/min bei weicher Kohle gesteigert werden.

Essen. [N 737] Herbst.

[1]) Iron and Coal Trade Rev. Februar 1925 Nr. 2971 S. 221.

[2]) Iron and Coal Trade Rev. März 1925 Nr. 2978 S. 512.

RUNDSCHAU.

Eisenbahnwesen.

Neue Triebwagen bei der Hamburger Stadt- und Vorortbahn.

Die kürzlich bei der Hamburger Stadt- und Vorortbahn in Betrieb genommenen Personenwagen sind als Doppeltriebwagen, Abb. 1, ausgeführt, deren aneinanderstoßende Enden auf einem gemeinsamen Drehgestell nach Bauart Jakobs ruhen. Führerabteile sind an beiden Enden des Zuges vorgesehen. In ihrem Aufbau unterscheiden sich die neuen Wagen, die bei der Waggon- und Maschinenbau-Akt.-Ges. Görlitz gebaut sind, von den bereits im Hamburger Vorortverkehr betriebenen[1]) dadurch, daß sie ein Tonnendach anstatt des alten Oberlichtaufbaues haben und vollständig aus Eisen[2]) hergestellt sind, Abb. 2. Der Wagenkasten ist mit dem eisernen Untergestell fest vernietet. Die äußere Blechbekleidung der Wagen dient gleichzeitig zur Versteifung der Seitenwände und ist imstande, so viel Kräfte aufzunehmen, daß eine besondere Sprengwerkkonstruktion an den Längsträgern des Untergestelles entbehrt werden kann. Die Untergestellenden über dem Gelenkdrehgestell tragen schwere Federböcke, an denen Pendel angreifen, die sich auf die langen und daher sehr elastischen Blattfedern stützen, Abb. 3. Das Gelenkdrehgestellt muß, um eine gleichmäßige Verteilung des Gewichtes der Wagen auf die sechs Achsen zu erzielen, auf breiter Grundfläche stehen und hat daher einen Radstand von 3,5 gegen 2,5 m bei den Trieb- und Laufgestellen.

Die Vorteile bei der Verwendung der Jakobs-Drehgestelle bestehen zunächst in einer Gewichtsersparnis, sodann in einer Ersparnis an Zuglänge, da der Abstand der Wagenstirnwände über dem Gelenkdrehgestell nur dem Ausschlag bei kleinsten Krümmungen entsprechend bemessen zu werden braucht, ferner darin, daß man trotz geringerer Achzahl nicht auf ruhigen Lauf und gut federnde Drehgestelle zu verzichten braucht.

Zum Schutz gegen den Hochspannungsstrom der Fahrdrahtleitung ist das Wagendach mit verbleitem Eisenblech abgedeckt. Das Wageninnere ist bei dem Motorwagen in fünf Abteile dritter Klasse, ein Gepäck- und ein Dienstabteil, bei dem Beiwagen in vier Abteile zweiter Klasse, zwei Abteile dritter Klasse und ein Dienstabteil eingeteilt. Die Kastenlänge der Einzelwagen beträgt 14 222 mm, die über die Puffer gemessene Gesamtlänge des Doppelwagens 30 000 mm bei einem Betriebgewicht von 66 t, das sich auf die sechs Achsen der drei Drehgestelle gleichmäßig verteilt.

[1]) Z. Bd. 52 (1908) S. 1581 u. f.
[2]) Z. Bd. 65 (1921) S. 261 u. f., Bd. 68 (1924) S. 957; vergl. a. Z. Bd. 56 (1912) S. 547.

Abb. 1. Neuer Triebwagenzug der Hamburger Stadtbahn.

Abb. 2. Eisernes Gerippe eines Personenwagens der Hamburger Stadtbahn.

Abb. 3. Jakobs-Drehgestell mit 3,5 m Radstand der neuen Hamburger Wagen.

Abb. 4. Triebgestell mit 2,5 m Radstand der neuen Hamburger Wagen.

Das an der Spitze des Doppelwagens laufende Triebdrehgestell, Abb. 4, enthält zwei Einphasen-Wechselstrom-Reihenschlußmotoren, die, mit phasenverschobenem Hilfsfeld ausgerüstet, zusammen für 320 PS Dauerleistung und 400 PS Höchststundenleistung bemessen sind. Die Motoren werden selbsttätig durch ein an der Kollektorseite angebrachtes Lüfterrad gelüftet. Der Strom wird in Form von Einphasen-Wechselstrom mit 25 Per./s und 6000 V Spannung durch mit Druckluft aufgerichtete Bügelstromabnehmer dem Wagen zugeführt und über einen Ölschalter in den Transformator geleitet. Die elektrischen Apparate und Maschinen sind so auf die beiden Wagen verteilt, daß das Triebgestell des Motorwagens die Motoren und den Transformator, beide federnd aufgehängt, und das Laufgestell des Beiwagens den Luftverdichter, den Windkessel und dazu gehörige Nebenapparate aufnimmt. Die Leistung des Öltransformators beträgt 250 kVA, jedoch kann eine Stundenleistung von 300 kVA als vorübergehende Höchstleistung erzielt werden. Die Transformatorspulen werden an der Unterspannungsseite zur Regelung von Geschwindigkeit und Zugkraft mittels verschiedener Spannung mehrfach angezapft. Die Motoren werden in der üblichen Weise durch Schützen gesteuert, die in neuester Bauart bei geringsten Ausmaßen unbedingt zuverlässig arbeiten und nur geringste Wartung erfordern. Als stromführende Verbindung zwischen den Maschinen und Apparaten innerhalb eines Wagens dienen blanke Kupferschienen, Abb. 5, die durch Holzspriegel und Schellen am Wagenboden befestigt sind. Man hofft so ein Brüchigwerden und Funkenüberschlag, wie es häufig bei Kabeln vorkommt, zu vermeiden.

Die Fahrtwender und Leistungsschützen werden mit einer Spannung von 300 V, die man ebenfalls durch Anzapfung der Transformatorspulen erhält, betrieben und vom Fahrschalter aus gesteuert. Die Wagen werden durch eine besondere Heizungsschütze

Abb. 5. Ansicht der Wagenunterseite mit den blanken Stromleitern bei den neuen Personenwagen der Hamburger Stadtbahn.

elektrisch geheizt; der Strom für die Beleuchtung wird in einem Lichttransformator erzeugt, der die Spannung von 300 auf 40 V heruntersetzt. Der zum Betätigen der Druckluftanlage notwendige Motor wird durch eine besondere Pumpenschütze gesteuert. Die Triebwagenzüge sind in der üblichen Weise mit der Kunze-Knorr-Bremse ausgerüstet.

Vor kurzer Zeit wurden auf der Strecke Berlin-Bernau ebenfalls neue Triebwagenzüge in Betrieb genommen, die sich jedoch von den neuen Hamburger Triebwagen sowohl durch Verwendung von Gleichstrom, der durch dritte Schiene zugeführt wird, als auch durch eine andre Platzeinteilung des Wageninneren unterscheiden. Versuchsweise ist auch bei den erwähnten Berliner Vorortbahnen ein Zug mit Jakobsdrehgestellen ausgerüstet worden; es sind hier nicht nur, wie vorher beschrieben, zwei, sondern sogar fünf Wagen zu einer unlösbaren Einheit verbunden.

[M 402] Cr.

Kohlenstaub-Förderwagen.

Gemahlenen Kohlenstaub auf eine längere Strecke in Behältern wirtschaftlich zu befördern, ist eine Aufgabe, deren Lösung nach vielen kostspieligen Versuchen soweit gelungen ist, daß man heute Feinkohle in Tankwagen verschicken kann. Für die Versendung auf der Eisenbahn kommen nur völlig geschlossene Kesselwagen in Betracht, bei denen der gemahlene Staub vor Feuchtigkeit und vor der Berührung mit Luft bewahrt ist. Jede, auch die kleinste Ritze in Boden- und Türverschlüssen muß vermieden werden, da aus diesen der Staub — besonders bei der Bewegung — wie Wasser herauslaufen würde. Die Wagen können entleert werden:

1. durch Selbstentleerung, indem der in Einzelkübel auf Eisenbahnwagen beförderte Staub sich in untergestellte Behälter durch freien Fall entleert,
2. durch Absaugen in Hochbehälter,
3. durch Druckluftförderung in Hochbehälter.

Für den Entladevorgang ist zu beachten, daß sich der Kohlenstaub besonders bei Steinkohle nach längerem Rütteln auf der Fahrt stark setzt und eine feste Beschaffenheit annimmt. Auf der Eisenbahntechnischen Ausstellung in Seddin 1924 waren mehrere Kohlenstaubwagen der verschiedenen Bauarten ausgestellt.

Die Waggonfabrik, A.-G., Uerdingen, zeigte einen kurzgekuppelten Kohlenstaub-Kübelwagen mit sechs Kübeln von je 9,5 m³ Inhalt, Abb. 6 und 7. Das Eigengewicht des Wagens beträgt 25 t, das Ladegewicht 36 t. Die viereckigen Kübel sind vollständig geschlossen, in den Ecken gut abgerundet und bilden nach unten sich erweiternde Kästen mit Bodenklappen. Diese Klappen hängen durch Hebel und Ketten an Hubstangen, die oben aus dem Kübel heraustreten und die Ösen für das Anhängen der Krankette tragen; an den Hebelstangen sind noch Rührarme angeordnet. Der Kübel wird oben durch zwei Mannlöcher auf die übliche Art beladen und mittels Kran auf den Wagen gesetzt. Zum Entladen wird der Kübel von einer Hubvorrichtung angehoben, nach der Entladestelle befördert und dichtschließend auf den Bunkermund gesetzt. Die Krankette zieht dabei die Stange mit den Rührarmen und den Ketten nach oben, wobei das Gut aufgelockert wird. Beim Freilassen der Krankette fallen die Bodenklappen selbsttätig nach unten und reißen hierbei die Ketten wie auch die Rührarme mit, so daß der Kohlenstaub hierdurch und infolge des nach unten verbreiterten Kübelraumes mit Sicherheit entladen wird.

Letzthin angestellte Versuche haben ergeben, daß durch die Beförderung derart fest zusammengebackenes Ladegut, das mit einer spitzen Eisenstange nicht zu durchstoßen war, nach Betätigung des Rührmechanismus restlos in den Bunker fiel, so daß der Entladevorgang in wenigen Minuten bewerkstelligt war. Vom Bunker aus erfolgt das Absaugen in die Feuerung auf pneumatischem Wege nach Bedarf, was sich bei dem durch die Entladung aufgelockerten Kohlenstaub bequem durchführen läßt.

Der Vorzug dieser einfachen und schnellen Be- und Entladung liegt in der Erhöhung des Wagenumlaufs, der noch durch Beschaffung einiger Bereitschaftskübel gesteigert werden kann; die ankommenden beladenen Kübel können dann sofort abgesetzt und durch leere Kübel ersetzt werden, so daß lange Wartezeiten fortfallen. Ein weiterer Vorteil ist die einfache Bauart der Wagen, insbesondere die der Untergestelle, die der Regel entsprechen und auch für andere Zwecke benutzt werden können. Die Kübel lassen sich auch für die Beförderung durch Lastkraftwagen einrichten, damit eine wirtschaftliche Verwendung des Kohlenstaubes auch da ermöglicht wird, wo kein Anschlußgleis vorhanden ist.

Die Firma van der Zypen & Charlier, G. m. b. H., in Köln-Deutz, die sich schon frühzeitig mit der Frage zur Beför-

Abb. 8. Kohlenstaub-Förderwagen von van der Zypen & Charlier, G. m. b. H., Köln-Deutz.

Abb. 6 und 7. Kurz gekuppelter Kohlenstaub-Kübelwagen der Waggonfabrik, A.-G., Uerdingen.

Abb. 12 und 13. Anordnung des Stoßdämpfers:

Abb. 12. mit Abführung des Kondensates durch Ableiter;

a Hauptdampfleitung
b Stoßdämpfer
c Dampfkessel
d Reglerventil
e Sicherheitsablaß zum Speisewasserbehälter
f Speiseleitung vom Rauchgasvorwärmer
g Kondensat zum Ableiter.

Abb. 13. mit Rücklauf des Kondensates zum Dampfkessel.

a, a_1 Dampfleitung, Kondensatleitung
b Stoßdämpfer
c Dampfkessel
d Reglerventil
e Sicherheitsablaß zum Speisewasserbehälter
f Speiseleitung vom Rauchgasvorwärmer.

derung von Kohlenstaub zu beschäftigen anfing, hatte einen Wagen nach Abb. 8 ausgestellt, der sich auf Grund umfangreicher und eingehender Versuche als die zweckmäßigste Bauart für eine vollkommene Beladung sowie eine restlose Entleerung von Braun- wie Steinkohlenstaub grober und feiner Körnung erwiesen hat. Auf einem Untergestell geeigneter Bauart ruhen zwei aufrecht stehende, zylindrische Behälter von je 15 m^3 Inhalt und 7,5 t Ladegewicht, die oben und unten in Kegelform enden und von der äußeren Luft und den Witterungseinflüssen vollständig abgeschlossen sind, in einem ringförmigen Sattel, der durch Spannstangen mit dem Untergestell innig verbunden ist. Zum Beladen sind oben Einschüttöffnungen angebracht, zum Entleeren ist an der untersten Stelle jedes Behälters eine Entleerungsleitung angeschlossen. Gelockert und entleert wird der Kohlenstaub durch eine pneumatisch wirkende Vorrichtung. Der Betriebsdruck der eingeführten Druckluft kann bis zu 3 at gesteigert werden. Bei den Wagen mit Saugluftentleerung erfolgt die Auflockerung des Kohlenstaubes durch eine mechanische Rührvorrichtung. Weitere Kohlenstaub-Förderwagen werden in einer späteren Nummer der Zeitschrift besprochen werden. [M 49] Przygode.

Dampfkessel.

Stoßdämpfer für Kesselspeiseleitungen.

In Wasserleitungen für Dampfanlagen treten oft erhebliche Überschreitungen des Betriebsdrucks, d. h. des Drucks, gegen den gefördert wird, auf, wenn die Leitungen plötzlich geschlossen oder gedrosselt werden. Bei Dampfkesselanlagen ist z. B. im Betrieb keine ganz gleichmäßige Speisung der einzelnen Kessel durchführbar, und insbesondre die selbsttätigen Speisewasserregler und die heute gebräuchlichen Pumpen von sehr großer Leistung rufen solche Druckstöße hervor. Bisher hat man sich gegen Stöße in den Kesselspeiseleitungen durch die mit Gewicht oder Feder belasteten Sicherheitsventile geschützt, die jedoch die Speiseanlage stark beanspruchen, weil man sie zur Vermeidung von Speisewasserverlusten gewöhnlich zu hoch über den Betriebsdruck einstellt. Tut man dies nicht, so gelangt, wenn infolge plötzlichen starken Wasserbedarfs der Kessel der Widerstand in den Rauchgasvorwärmern steigt, unter Umständen nur ein Teil des gespeisten Wassers in die Kessel, während der andre Teil durch die Sicherheitsventile abfließt.

Um diesen Nachteil zu vermeiden, hat Franz Seiffert, A.-G., Berlin, einen besondern Stoßdämpfer für solche Zwecke entworfen,

a Ventilgehäuse
b Zuschaltraum
c Kolben mit
d Vorsprüngen
e Büchse
f Ventilspindel
g Sicherheitsventil
h Ring
i Spindelkopf
k Mitnehmer.

Abb. 9.
Stoßdämpfer für Kesselspeiseleitungen.

Abb. 10 und 11. Versuche an Speiseleitungen. Stoßdrücke.

s. Abb. 9, dessen Ventilgehäuse *a* mit einem Zuschaltraum *b* ständig in Verbindung steht, da der Kolben *c* mit Vorsprüngen *d* versehen ist und sich daher auf die Büchse *e* nicht dicht aufsetzen kann. Bei einer plötzlichen Drucksteigerung wird daher der Stoß durch den federbelasteten, als Puffer wirkenden Kolben abgefangen, auf den von oben her zur Unterstützung der Federkraft der Dampfdruck wirkt. Da die Ventilspindel *f* des entlasteten Sicherheitsventils *g* toten Gang hat, so wird bei leichteren Stößen lediglich der Zuschaltraum vergrößert, wodurch Wasserverluste vermieden werden. Erst wenn dieser tote Gang überwunden ist, also der Druck des Speisewassers unter dem Kolben über die für die Betriebsicherheit der Speiseleitung zulässige Höhe gestiegen ist, öffnet der mit dem Kolben *c* verbundene Mitnehmer *k* mittels der Ventilstange *f* das entlastete Sicherheitsablaßventil *g*, wodurch die weitere Drucksteigerung verhindert wird. Das Speisewasser fließt nach dem Speisewasserbehälter zurück.

Abb. 10 und 11 zeigen, welche Stoßdrücke in den Speiseleitungen auftreten können. Für den Einbau des Stoßdämpfers kommen in der Hauptsache die beiden Anordnungen in Frage, die in Abb. 12 und 13 wiedergegeben sind. [M 64]

Rheinbrücken.

Berichtigung. In dem Aufsatz von Carstanjen in Heft 32 der Zeitschrift vom 8. August 1925 muß es in der Zusammenfassung auf S. 1049 heißen: Seit Beginn unserer Zeitrechnung bis zum Anfang des vierten Jahrhunderts Bau zahlreicher Rheinbrücken durch die Römer. [N 886]

Kleine Mitteilungen.

Neuartige Lagerung von Kohle.

Um in Kohlenlagern die Gefahr der Selbstentzündung zu vermindern, hat die Philadelphia Electric Co. ein neues Verfahren angewandt und danach an verschiedenen Stellen 225 000 t Steinkohle zwei Jahre lang gelagert, ohne daß sich Mängel ergeben hätten. Der Boden der Lagerstelle wird mit Asche oder trockener Erde bedeckt und dann hartgewalzt. Darüber breitet man mittels eines Lokomotivkranes eine Kohlenschicht von rd. 60 cm Höhe auf eine Fläche von 27 bis 30 m Breite und 300 bis 600 m Länge aus, die man mit einem Raupenschlepper ebnet und festwalzt, bis ein Raumgehalt von rd. 1000 kg/m³ erreicht ist. Danach werden die weiteren Lagen in der gleichen Höhe aufgetragen und immer wieder festgewalzt, bis das Feld nur noch gerade so breit ist, daß der Schlepper darauf fahren kann. Die an beiden Seiten herunterrollende Kohle wird zum Schluß mittels des Greifers auf die Spitze des Haufens befördert. Das spezifische Gewicht des Kohlenhaufens nimmt durch das Walzen um 30 vH zu. Seine Oberfläche ist so dicht, daß Regenwasser außen abläuft und auch kaum ein Luftumlauf im Kohlenhaufen möglich ist. Dadurch werden die Voraussetzungen für die Selbstentzündung der Kohlen beseitigt. („Power" 18. August 1925 S. 237.)
[N 902 a] Js.

Tieftemperatur-Verkokung im Elektrizitätswerk.

Das Lakeside-Elektrizitätswerk in Milwaukee, die bekannte erste Großkraftanlage mit Kohlenstaubfeuerung in Amerika, wird jetzt nach mehrjährigen vorbereitenden Versuchen durch den Bau einer Anlage für Tieftemperatur-Verkokung erweitert, die von der Internal Combustion Engineering Co., New York, gebaut wird und täglich wenigstens 210 t Kohlenstaub, d. h. etwa ¹/₃ des augenblicklichen Gesamtbedarfes verkoken soll. Die Koksrückstände sind ebenfalls staubförmig und sollen sich, wie die Versuche gezeigt haben, in dieser Form sogar vorteilhafter als Steinkohlenstaub verfeuern lassen. Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens konnte nur bei Verkokung in großem Maßstabe festgestellt werden. Daher fanden die Versuche im Lakeside-Werk statt. Neben den Ersparnissen im Kohlenverbrauch wirkt sich der Verkauf der gewonnenen Nebenerzeugnisse wie Gas, Teeröle, Ammoniumsulfat usw. günstig aus. Die Betriebsergebnisse der neuen Anlage werden daher für die Wärmewirtschaftsbestrebungen weiter Kreise von Bedeutung sein. („Electrical World" 15. August 1925 S. 329/30.) [N 902 b] M.

Hochempfindlicher Oszillograph.

R. Dubois hat einen leichten ortbeweglichen Oszillographen angegeben, der bis zu 3000 Per./s bei Stromstärken unter 1 mA benutzbar ist. Ein schmaler, dünner Streifen von Siliziumstahl, von oben in der Mitte gehalten, ist im Feld eines Dauermagneten angeordnet und wird durch feine Federn gehalten, die an seinen Enden angreifen und von denen eine mit einem Hohlspiegel verbunden ist. Zwischen den Polen des Magneten liegt außerdem eine von dem zu messenden Strome durchflossene Spule. Der Siliziumstahlstreifen liegt in der Achse dieser Spule und bewegt sich unter dem Einfluß des Stromes mit dessen Schwingungszahl vor- und rückwärts. Die Siliziumlegierung verhindert Störungen durch Wirbelströme und Hysterese. Der Oszillograph soll zum Messen von Geräuschen in der Luft und unter Wasser, zum Feststellen von Funksignalen und als Kurzzeitmesser, insbesondere aber für Messungen im Anoden- und Gitterstromkreise von Glühkathodenröhren dienen. („Electrical World" 15. August 1925 S. 303.) [N 902 c] K. M.

Elektrischer Ofen für hohe Temperaturen.

G. Ribaud hat einen elektrischen Ofen für sehr hohe Temperaturen, über 3000 °C, entworfen; dieser besteht aus einem Graphitzylinder, der mit Hochfrequenzstrom beheizt wird, und an diesen schließt sich ein zweiter Zylinder aus poröser, gekörnter Kohle an, der mit einem Einsatzstück aus dem gleichen Stoff verschlossen wird und weder wärme- noch stromleitend ist. Wenn der Kohlenzylinder rd. 8 cm lang ist, kann man ihn ohne Schaden berühren, selbst wenn im Innern Temperaturen von 3000 °C herrschen. In England hat Rosenhain im National Physical Laboratory mit einem elektrischen Ofen aus aneinandergesetzten Graphitringen von 500 cm³ Inhalt bei 10 kW Stromverbrauch rd. 1700 °C erreicht, während der Ofen von Ribaud bei gleichem Stromaufwand 1800 °C mit 3000 cm³, 2500 °C mit 500 cm³ und über 3000 °C mit 100 cm³ Ofeninhalt ergibt. (Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences 8. Juni 1925 S. 1733/38*.)
[N 902 d] M.

Selbsttätiger Gasglühofen.

Die American Gas Furnace Co. baut zwei Arten neuer Glühöfen für Gasheizung, die mittels elektrischer Pyrometer selbsttätig eine bestimmte Temperatur einhalten. Eine dieser Ofenbauarten hat eine umlaufende Trommel von 380 mm l. W. und rd. 3 m Länge. Der Heizraum ist mit Sil-O-Cel isoliert und feuerfest ausgekleidet. Ein 1,5 PS-Motor dreht die Trommel mit ungefähr 1 Uml./min, wobei das Gut 16,5 min braucht, um durch die Trommel zu wandern. Der Ofen liefert ungefähr 450 kg/h geglühte Teile. („American Machinist" 29. Aug. 1925.)
[N 902 d_1] Js.

Sechsspindlige Bohrmaschinen für Wasserrohrkessel.

Campbell & Hunter, Leeds, haben vor kurzer Zeit eine Bohrmaschine mit sechs Spindeln fertiggestellt, die zur Bearbeitung der Dampftrommeln und Wasserkammern von Wasserrohrkesseln dienen soll und 31,5 t wiegt. Die Bohrspindeln werden über Zahnräder, Schnecken und Schneckenräder von einem 30 PS-Elektromotor angetrieben, dessen Drehzahl geregelt werden kann. Die Spindelkästen sind auf einem Querschlitten angeordnet und lassen sich einzeln mit der Hand oder mittels des Motors bewegen. Die Spindelabstände kann man von 381 bis rd. 825 mm verändern. Die größte Höhe zwischen den Bohrfuttern und der Tischfläche beträgt 2,10 m. Die Spindelachsen haben rd. 1,30 m Abstand von den Säulen des Maschinengestells, so daß man Kessel bis zu 1,52 m Dmr. bohren kann. Die kastenförmigen Säulen sind in zwei Teilen gegossen. Der Querträger kann mittels des Motors gehoben oder gesenkt werden. („American Machinist" 29. August 1925 S. 29/30 E*.) [N 902 e] Js.

Farben-Kinematographie.

Die Wiedergabe der natürlichen Farben im Film bereitet noch immer Schwierigkeiten; zumeist benutzt man besondere Vorführungsapparate oder besonders vorbereitete gemalte Filmstreifen. Ein neuerdings von Keller-Dorian vorgeschlagenes einfacheres Verfahren gestattet, scharfe Filme auch farbig mit einem gewöhnlichen Apparat vorzuführen, indem man ein Farbfilter zwischen die Linsen des Objektivs einschaltet, das aus drei Streifen (rot, gelb und in der Mitte blau) besteht. Alle Punkte eines Gegenstandes liefern bei Aufnahme durch das Farbfilter ein Bild auf dem Filmstreifen, das in drei monochromatische Teile zerlegt ist; die Verteilung der drei Komplementärfarben hängt von der Farbe des aufgenommenen Gegenstandes ab. Bei der Vorführung eines solchen Bildstreifens entstehen, umgekehrt, auf der Leinwand Bilder, deren Farben der Wirklichkeit entsprechen. Der Filmstreifen ist mit einer farbenempfindlichen Emulsion überzogen, und seine Oberfläche besteht aus einer großen Zahl von winzigen, linsenförmigen Zellen, bis 1000 auf 1 mm², deren Wölbungen nach dem Objektiv zu liegen. Je größer die Anzahl der Zellen ist, desto vollkommener wird die Farbe des aufgenommenen Gegenstandes zerlegt. („Le Génie Civil" 22. August 1925 S. 171/72*.)
[N 902 f] M.

Entwicklung der Schiffsmaschine,

Nach der Erfindung des Kondensators durch Watt vergingen viele Jahre bis zum nächsten beträchtlichen Schritt der Entwicklung, der Einführung der Verbundmaschine gegen 1854. Der Dampfdruck war noch gering, etwa 5 at. Noch 1876 hielt man

es nicht für vorteilhaft, mit der Luftleere unter rd. 0,8 at zu gehen. 1880 wurde für den Dampfer „Aberdeen" die erste wirklich erfolgreiche Dreifachexpansions-Maschine für 10 at Anfangsdruck gebaut; 1883 wurden zwei Schiffe mit Vierzylinder-Tandemmaschinen mit dreifacher Dampfdehnung in Dienst gestellt. Der Dampfdruck betrug 13,5 at, die Maschinen hatten einen Hochdruck- und einen Mitteldruckzylinder oben und zwei gleiche Niederdruckzylinder unten. Der nächste große Schritt in der Entwicklung war die Einführung der Dampfturbinen. Die ersten Turbinen von Parsons machten 10 000 Uml./min und trieben den elektrischen Stromerzeuger unmittelbar an. Sie arbeiteten nicht sehr wirtschaftlich, aber sie waren die Vorläufer der bedeutenden Erfindung, das Niederdruckgebiet der Dampfexpansion für die Gewinnung der Energie auszunutzen. 1897 lief der Turbinendampfer „Turbinia" 34,5 Kn. Die ersten Turbinendampfer für den Kanaldienst wurden 1903 geliefert, und besonderes Aufsehen machten die 1905 gebauten Cunard-Dampfer „Lusitania" und „Mauretia", die mit Parsons-Turbinen von John Brown und Swan & Hunter ausgerüstet wurden. Die britische Admiralität entschied sich darauf, Turbinen für alle Klassen der Kriegschiffe einzuführen. Seit 1897 entwickelte Diesel seine Verbrennungskraftmaschinen; aber erst 1911 war die Dieselmaschine im Schiffsantrieb erfolgreich, und zwar auf dem Motorschiff „Vulcanus" von Werkspoor in Holland. Nach Ansicht mancher Fachleute ist das Verschwinden der Dampfmaschine bei Ozeanfahrten nur noch eine Frage der Zeit, da die Zahl der Motorschiffe außerordentlich schnell zunimmt. Man erwartet von der doppeltwirkenden Zweitakt-Dieselmaschine Zylinderleistungen, die der besten Dampfmaschine nahekommen. Anderseits steht die Höchstdruckdampfturbine mit Zahnradvorgelege in lebhafter Entwicklung; der Dampfdruck bei Landmaschinen hat bereits 100 at errichtet. Der Ausgang dieses Wettbewerbs hängt allerdings wesentlich vom Preise der Betriebstoffe ab. („Engineering" 28. August 1925 S. 252/55.) [N 902 g] A.

Große Bewässerungsanlage am blauen Nil.

In der Ebene El Gezire im Sudan, oberhalb von Khartum, zwischen dem blauen und dem weißen Nil ist eine ausgedehnte Bewässerungsanlage für Baumwollfelder im Entstehen begriffen. Die Anlage umfaßt rd. 1,32 Mill. ha, wovon am 16. Juli d. J. etwa der zehnte Teil unter Wasser gesetzt worden ist. Die Anfangstelle des Hauptkanals an der Sperrmauer ist vom nördlichsten Ende der Anlage 150 km entfernt. Die Anlage besteht aus einem Hauptkanal, der aus dem blauen Nil gespeist wird, und aus zahlreichen Neben- und Verteilkanälen, die durch weitere Zweigkanäle unmittelbar die Felder bewässern. Der erste Abschnitt des Hauptkanals hat 26 m Breite an der Sohle, 3,40 m Wassertiefe, 1 : 1 Uferböschung und 0,007 vH Gefäll. Er kann 80 m³/s Wasser liefern. Die Abmessungen der andern Teile des Kanals verringern sich entsprechend der abnehmenden Wassermenge. Bei plötzlichem Hochwasser entlasten besondere Kanäle mit 4,5 m Sohlenbreite, die zum Nil führen. Insgesamt sind bisher 1250 km Kanäle fertiggestellt, davon entfallen 114 km auf den Hauptkanal. Die Regenmenge im südöstlichen, also höchstgelegenen Teil der Ebene beträgt 400 mm und verringert sich nach Khartum hin bis auf 150 mm jährlich, so daß man bisher in nicht zu trocknen Jahren Getreide nur im Südosten ernten konnte. In den letzten Jahren betrug der mittlere jährliche Getreideertrag auf dem Gebiet von 132 000 ha 20 000 t. Nach dem neuen Bebauungsplan wird das Land in Abschnitte von 12 ha geteilt, die einzeln verpachtet werden. Von diesen werden je 4 ha mit Baumwolle und 1,6 ha mit Getreide zur Ernährung des Pächters bepflanzt. Nach Urbarmachung des ganzen Gebietes rechnet man mit einem Ertrag von 13,6 Mill. kg Baumwolle und 15 Mill. kg Getreide. („The Engineer" 28. August 1925 S. 211/14*.)

[N 902 h] Sd.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Die graphische Statik der Baukonstruktionen. Von Dr.-Ing. eh. Müller-Breslau †. 2. Bd. II. Abt. 2. verm. Aufl. Leipzig 1925, Alfred Kröner. 720 S. m. 553 Abb. u. 2 Taf. Preis 20 ℳ.

Mit Wehmut begrüßen wir die neue Auflage des weltbekannten Lehrbuches als die letzte Arbeit des unsterblichen Meisters. Wie keiner hat er es verstanden, die verwickelten Fragen der neuzeitlichen Statik zu klären und die Wege herauszufinden, die es dem in der Praxis tätigen Konstrukteur ermöglichten, der statischen Aufgaben des gesamten Bauwesens Herr zu werden. 1908 ist die erste Auflage erschienen; sie war bald vergriffen. Die vorliegende zweite Auflage zeigt, mit welcher Gewissenhaftigkeit und welchem Forscherdrang der bis zu seinem Tod unermüdliche Verfasser den Stoff gemeistert hat. Zahlreiche neue Anwendungsbeispiele sind hinzugefügt und der Inhalt in verbesserter Reihenfolge geordnet und erheblich vertieft und erweitert.

Es sei nur kurz das Folgende hervorgehoben: Im ersten Abschnitt sind die elastische Linie des geraden Stabes, der an beiden Enden eingespannte Balken, die rechnerische Ermittlung der Biegungslinien, namentlich durch Vereinfachung für rechteckige, dreieckige und parabelförmige Belastungsflächen, und die allgemeinen Elastizitätsgleichungen der Tragwerke aus geraden Stäben behandelt. Der Balken auf mehreren Stützen ist im zweiten, der Balken auf elastisch senkbaren Stützen im dritten Abschnitt vorgeführt. Die Versteifung des gelenkigen Stabzuges durch einen Balken bildet den Inhalt des vierten Abschnittes; hier ist als Zahlenbeispiel für eine durch einen vollwandigen Träger versteifte Kette die neue Straßenbrücke über den Rhein bei Köln behandelt und der Einfluß der Änderungen der Kettenordinaten auf den Horizontalzug der Kette und auf die Biegungsmomente des Balkens berücksichtigt. Die parabelförmigen Einflußlinien behandeln der fünfte, sechste und siebente Abschnitt an den Aufgaben: Stabbogen mit darüberliegenden Versteifungsbalken, Berechnung biegungsfester Stabzüge, Bogenträger ein- und zweigelenkiger und gelenkloser Bauart. Der achte Abschnitt, der sich mit Rahmen und Rahmentragwerk beschäftigt, ist ganz neu und nimmt den weitesten Raum ein; er bringt die verschiedensten Anwendungsformen des Brückenbaues (Hochbahnviadukt auf vielen Stützen) und des Eisenhochbaues (Stockwerkrahmen). Hier legt der Verfasser besonderen Wert auf die Gegenüberstellung der verschiedenen Verfahren zur Berechnung mehrfach statisch unbestimmter Anordnungen. Die Nebenspannungen im Fachwerk infolge steifer Knotenpunkte haben im neunten Abschnitt eine erhebliche Erweiterung durch die Bestimmung des für die Flugzeugtechnik wichtigen Einflusses der biegenden Wirkung der Gurtspannkräfte auf die Gurtmomente für den Fall gelenkiger Befestigung der Füllstäbe erhalten. Auch die Knicksicherheit schlanker Gurtungen im elastischen Bereich wird hier erörtert und das Ergebnis für die Berechnung der Tragflächenholme von Flugzeugen erweitert. Der zehnte und letzte Abschnitt über die Sicherung der oberen Gurtung einer Trogbrücke durch biegungsfeste Rahmen enthält einige Erweiterungen.

Vergleicht man also die neue Auflage mit der ersten, so erkennt man, daß dem durchdringenden Forschergeist des Verfassers auch nicht eine statische Aufgabe der neuzeitlichen Ingenieurpraxis entgangen ist.

Es erübrigt sich, bei der Bedeutung des Verfassers und der allgemeinen Verbreitung seiner Werke über den hohen Wert des neu erschienenen Buches weiteres zu sagen. Ich kann nur wiederholen, daß wie in all seinen Werken auch in dem vorliegenden Bande viele Keime zur Weiterentwicklung stecken. Auf unabsehbare Zeit wird Müller-Breslau in seinen klassischen Werken die Urquelle der neuzeitlichen Statik bleiben.

Berlin. [E 746] Karl Bernhard.

Korrosion und Rostschutz. Bearb. v. Emil Maaß. Berlin 1925, Beuth-Verlag G. m. b. H. 35 S. Preis 1 ℳ.

Schutz gegen die Anfressung der Metalle, Erkenntnis der Ursachen sowie Auswahl der richtigen Schutzmittel sind Fragen, die für die Industrie große Bedeutung haben. Ist doch auf diesem Gebiete noch vieles zu klären. In der vorliegenden Schrift bespricht der Verfasser nach einem kurzen geschichtlichen Rückblick den heutigen Stand der Forschungen über die Korrosion. Er gibt dann eine klare Übersicht über die verschiedenen Rostschutzmittel und Metallschutzverfahren. Alle beteiligten Kreise sollten der Forschung auf diesem Gebiete besondre Aufmerksamkeit schenken und dem Verfasser helfen, etwaige Lücken zu ergänzen. [E 829]

Der Glühkopfmotor in Schiffahrt, Industrie u. Landwirtschaft. Von Siegbert Welsch. Berlin 1925, Julius Springer. 120 S. m. 85 Abb. Preis 7,20 ℳ.

Grenzzustände des Erddruckes auf Stützmauern. Von Richard Petersen. Berlin 1925, Julius Springer. 16 S. m. 26 Abb. Preis 0,90 ℳ.

Einführung in die Luftfahrt. Herausg. i. Auftrage d. Deutschen Luftfahrtverbandes von Johannes Poeschel. Leipzig 1925, R. Voigtländers Verlag. 162 S. m. 31 Abb. Preis 2,30 ℳ.

Bibliothek des Radio-Amateurs, Bd. 10: **Wie lernt man morsen?** Von Julius Albrecht. 2. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 38 S. m. 7 Abb. Preis 1,35 ℳ.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Eine neue Bauart von Oberflächenkondensatoren.

In Z. Bd. 68 (1924) S. 1121 bis 1124 hat Herr Dr.-Ing. Heuser, Bochum, über den von der Firma Maschinenbau A.-G. Balcke, Bochum, gebauten Oberflächenkondensator, Bauart Ginabat, berichtet und in dankenswerter Weise Meßergebnisse mitgeteilt. Das Eigentümliche dieser Kondensatorbauart soll darin bestehen, daß die Kondensatorrohre derart angeordnet werden, daß das Kondensat von der tiefsten Stelle der Kühlrohre tangential auf das nächste Kühlrohr tropft. Es soll dies den Zweck haben, die Kondensatorrohre möglichst von Kondensathaut freizuhalten, um höhere Wärmeübergangswerte zu erreichen. Herr Dr. Heuser folgert aus den von ihm mitgeteilten Meßergebnissen und den danach erreichten Wärmedurchgangswerten, daß dieses Ziel durch die Konstruktion von Ginabat erreicht wurde.

Im Gegensatz dazu scheint mir aus den Meßergebnissen hervorzugehen, daß sie unter Berücksichtigung der ungewöhnlich hohen Wassergeschwindigkeit in den Kondensatorrohren ungünstiger sind als diejenigen, die unter gleichen Betriebsbedingungen bei normalen, gut gebauten und vor allem gut entlüfteten Kondensatoren einwandfrei festgestellt wurden.

Die genauen Versuche Josses an Oberflächenkondensatoren, veröffentlicht in den „Mitteilungen aus dem Maschinen-Laboratorium der Technischen Hochschule Berlin" Heft V, sind von Heuser in Abb. 5 seines Aufsatzes in Kurve 2 herangezogen. Heuser benutzt hierbei aber nicht die in diesen Mitteilungen S. 10 in Abb. 10 von Josse angegebene Kurve über die Ergebnisse an dem im Maschinenlaboratorium vorhandenen Oberflächenkondensator gewöhnlicher Bauart, sondern die auf S. 83 in Abb. 67 von Höfer angegebene Kurve, die sich auf Messungen an einem einzelnen Rohre in besonderer Versuchseinrichtung bezieht. In Abb. 1 ist Kurve *a* die von Josse an einem normalen Kondensator gefundene, Kurve *b* die von Höfer aus seinem Studium an einem einzelnen Rohre ermittelte. Diese Kurve ist von Heuser in seiner Abb. 5 herangezogen.

Um mit diesem von Heuser selbst herangezogenen Ergebnisse die von ihm aus seinen Versuchen an den Ginabatkondensatoren gefundenen Wärmedurchgangswerte zu vergleichen, sind diese in Abb. 1 als Punkte eingetragen. Diese Darstellung läßt einwandfrei erkennen, daß die hohen Wärmedurchgangswerte, die Heuser für den Ginabatkondensator gefunden hat, lediglich durch eine außergewöhnlich hohe Wassergeschwindigkeit in den Kondensatorrohren erreicht werden, daß aber der Ginabatkondensator für diese Wassergeschwindigkeiten viel ungünstigere Werte erreicht als der Kondensator gewöhnlicher Bauart. Diese überraschende Tatsache erklärt sich aus Folgendem:

1) Da nach den ausgezeichneten Versuchen Nusselts der Wärmeübergangswert mit der Dicke der Kondensathaut auf den Rohren abnimmt, so ist aus dem ungünstigen Ergebnis der Ginabatkondensatoren zu entnehmen, daß eine Verminderung der Kondensathaut durch die Rohranordnung nach Ginabat gar nicht eintritt. Dies ist leicht einzusehen, da die hohe Geschwindigkeit des zwar spezifisch leichten Dampfes die von den Rohren niederfallenden Tropfen seitlich trifft (siehe Abb. 3 des Aufsatzes von Heuser) und auf das schräg darunter liegende Rohr wirft. Die von Ginabat angestrebte Wirkung wird damit hinfällig.

2) Hieraus erklärt sich, warum die Ginabatkondensatoren nicht besser wirken als die gewöhnlichen, nicht dagegen, warum sie erheblich schlechter wirken als der von Josse untersuchte Kondensator. Den Grund dafür kann man aber ebenfalls den von Heuser mitgeteilten Meßergebnissen entnehmen. Aus Zahlentafel 1 geht hervor, daß die Luft im Kondensator um 6° unter die Temperatur des gesättigten Dampfes im Kondensator abgekühlt werden mußte, um auf ein Volumen herabgemindert zu werden, das der Dampfstrahlapparat, der den Kondensator entlüftete, zu fördern imstande war. Diese erhebliche Unterkühlung der Luft bedingt für den unteren Teil des Kondensators außerordentlich ungünstige Wärmeübergangswerte und beansprucht daher viel Kühlfläche. Denn der Dampfgehalt des zu unterkühlenden Dampfluftgemisches muß unter diesen ungünstigen Bedingungen kondensiert werden. Die sich hieraus ergebende Wärmemenge ist ein Vielfaches derjenigen, die aus Abkühlung der Luft, ihrer spezifischen Wärme und dem abzusaugenden Luftgewicht folgt.

Dipl.-Ing. Otto Küster.

Abb. 1. Versuche an Oberflächenkondensatoren.
a Versuche von Josse. *b* Versuche von Höfer.

Entgegnung.

Herr Küster verkennt den Zweck der von mir wiedergegebenen Versuche. Es handelt sich um Vergleichsversuche an zwei Anlagen, die mit einziger Ausnahme der zu vergleichenden Anordnung der Kühlfläche miteinander vollkommen übereinstimmten. Hierbei ergab sich eindeutig, daß die Kühlflächenanordnung Ginabat wesentlich höhere Wärmedurchgangszahlen und damit höhere Luftleere erzielte, wodurch, wie mein kürzlich veröffentlichter Ergänzungsaufsatz „Neue Versuche an Ginabatkondensatoren" in Z. Bd. 69 (1925) S. 81 zeigte, kleinere Kühlflächen als bei der gewöhnlichen Anordnung erforderlich sind. Die absolute Höhe der Wärmedurchgangszahlen ist durch die vorliegenden Versuchsbedingungen, die ebenfalls bei beiden Kondensatorbauten vollkommen gleich gehalten wurden, beeinflußt. Sie spielt dabei keine Rolle, um so mehr, als die absolute Höhe der erreichten Luftleeren nichts zu wünschen übrig läßt. Die Bemerkungen unter den Zahlentafeln zeigen, daß die Kühlfläche zum Teil sehr erheblich verschmutzt war, was bei den von Herrn Küster zum Vergleich herangezogenen Versuchen von Josse und Hoefer zweifellos nicht der Fall gewesen ist. Der Einfluß der Rohrverschmutzung wird vielleicht von Herrn Küster, wie ja überhaupt häufig, unterschätzt. (Vgl. hierzu meinen Aufsatz „Neuerungen an Kondensationsanlagen" in den Mitteilungen des Hamburger Bezirksvereins deutscher Ingenieure 1923 Heft 1 und 2.)

Jedenfalls ist es bisher bei den üblichen Kondensatorbauarten nicht möglich gewesen, Luftleeren von über 99,5 vH von der theoretisch möglichen bei Kühlflächenbelastungen bis zu etwa 57 kg/m²h zu erreichen, wie es bei den Versuchen mit dem Ginabatkondensator nicht nur, sondern auch bei einer großen Zahl bereits im Betrieb befindlicher Anlagen dieser Bauart möglich gewesen ist. Die Überlegenheit des Ginabatkondensators über die mit ihm verglichenen alten Bauarten und damit auch über die in Deutschland bisher üblichen Bauarten haben die von mir veröffentlichten Versuche unverkennbar bewiesen. [D 470] Dr.-Ing. Heuser.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 | SONNABEND, 19. SEPTEMBER 1925 | NR. 38

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1232.

Güterumschlagverkehr.

Technische und wirtschaftliche Fragen des Umschlagverkehrs.

Von Professor Dr.-Ing. Fritz Helm, Berlin.

Bedeutung des Güterumschlags. Umschlagvorrichtungen zum und vom Schiff. Umschlag bei der Eisenbahn. Kraftwagen und Güterumschlag. Bei den Produktionsverhältnissen Deutschlands kommen in erster Linie Kipperanlagen, insbesondere solche leichter Bauart in Frage. Wirtschaftlichkeit mechanischer Umschlagvorrichtungen und Verkehrsmittel. Höchste Wirtschaftlichkeit der Umschlagvorrichtungen hat Massenerzeugung und damit Massenverkehr zur Voraussetzung.

Durch die Ereignisse des letzten Jahrzehntes ist der wirtschaftliche Schwerpunkt der Welt nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika verlegt worden. Es ist das tragische Schicksal Europas, daß die Massenherstellung von Kriegsmaterial für den europäischen Kriegsschauplatz den Vereinigten Staaten die hohe Schule für eine Rationalisierung fast der gesamten Produktion abgegeben hat, die beispiellos in der Wirtschaftsgeschichte dasteht. Deutschland wird alle Mühe haben, auch nur Abstand zu halten, geschweige denn den gewaltigen Vorsprung der Vereinigten Staaten auf dem Gebiete der Güterherstellung wieder einzuholen. Schon zur Wahrung des Abstandes wird die äußerste Kraftanstrengung erforderlich sein.

Die deutsche Wirtschaft muß dem Verein deutscher Ingenieure Dank dafür wissen, daß er die Rationalisierung des Verkehrswesens in so großzügiger Weise in Angriff genommen hat, zunächst durch die Eisenbahntechnische Tagung im vorigen Jahre, dann durch Einrichtung eines ständigen Ausschusses für technisches Förderwesen und jetzt durch Veranstaltung der Umschlagwoche in Düsseldorf. Wenn auch das Ziel der Vorträge auf Anregungen, Klärung und Aufgabenstellung in technischer Hinsicht hinausläuft, so ist es doch auf das wärmste zu begrüßen, daß der Verein deutscher Ingenieure das Verkehrsproblem in seiner Gesamtheit zu erfassen sucht; denn es durchdringt die gesamte Wirtschaft wie die Blutadern den Körper.

Eine rationelle Gütererzeugung ist gleichzeitig auch ein Verkehrsproblem, wie die bewundernswerten Fortschritte in Amerika zeigen. Wir müssen uns freilich davor hüten, einfach amerikanische Verfahren auf deutsche Verhältnisse übertragen zu wollen. Hierfür fehlt so gut wie jede Voraussetzung. Auch das ist tragisch, daß jene amerikanischen, die Welt in Staunen setzenden Verfahren ihren Ursprung vielfach in Deutschland haben. Der berühmte Dauerförderer, z. B. die Verkörperung des Gedankens, daß Güterherstellung Bewegung ist, der in so großartiger Weise in den Schlachthäusern von Chicago, in den Fordschen Fabriken und in amerikanischen Warenhäusern nutzbar gemacht worden ist, ist zuerst, und zwar bereits vor Jahrzehnten in der deutschen optischen Industrie angewandt worden. Später soll noch gezeigt werden, aus welchen Gründen zahlreiche in Europa geborene Erfindungen erst in Nordamerika in die fruchtbringende Wirklichkeit überführt worden sind.

Abb. 1. Elektrohängebahn mit 500 t/h Leistung der Höchster Farbwerke, vorm. Meister, Lucius & Co., Uferentlader mit Kaistrecke der Hängebahn.

Schiffahrt und Umschlageinrichtungen.

Der Anstoß für die Einrichtung leistungsfähiger und billig arbeitender Umschlagvorrichtungen ist von der Schiffahrt ausgegangen. Eine Reihe von Tatsachen kam dieser Entwicklung zustatten. Das Kapital einer Reederei ist im wesentlichen in Schiffen angelegt, während bei den Einnahmen nur etwa 30 vH des Anlagekapitals für Fahrzeuge aufgewandt sind. Der Wert des gesamten Güterwagenparkes der deutschen Reichsbahn beläuft sich sogar nur auf rd. 10 vH des Anlagekapitals. Der Ansporn zur Ausnutzung des Laderaumes der Schiffe oder zur Abkürzung der Liegezeiten ist also noch weit größer als bei den Eisenbahngüterwagen.

Abb. 2. Verladebrücke in Sabang, Holländisch-Indien.

Weiter ist das Vorhandensein leistungsfähiger Umschlagvorrichtungen in den Häfen vielfach entscheidend dafür, welcher Hafen von den Schiffen angelaufen wird. Diese Tatsache muß zwangläufig einen regen Wettbewerb der Hafenverwaltungen um die Ausgestaltung der Umschlagvorrichtungen entfachen, und da freier Wettbewerb die Seele jedes Fortschritts ist, hat dieser auch auf diesem Gebiete gute Früchte getragen.

Auch der Wettbewerb zwischen Binnenschiffahrt und Eisenbahnen übte nachhaltigen Einfluß auf rationelle Ausgestaltung der Umschlagvorrichtungen aus. Denn das Schiff vermittelt im Gegensatz zur Eisenbahn nur in seltenen Fällen unmittelbar den Verkehr zwischen Gewinnungsstelle und Verwendungsstelle. Die Kosten des Umschlags belasten also die Schiffahrt und verringern ihre Wettbewerbfähigkeit, während umgekehrt jede Verbesserung der Umschlageinrichtungen der Wettbewerbfähigkeit der Schiffahrt zugute kommt.

Abb. 3. Verladeanlage in Verbindung mit Drahtseilbahn zum Fördern von Brauneisenstein in Rheinschiffe und Rückfördern von Kohle mittels Greifer.

Sehr zu statten kam dieser Entwicklung die weitere Tatsache, daß sich der Umschlagverkehr zum und vom Schiff im wesentlichen auf Massengüter erstreckt. Unter diesen stehen die Steinkohlen bei weitem an der Spitze, dann folgen Eisenerze, Kalisalze, Erden, Metallerze und Schlacken, Braunkohlenbriketts, Steinkohlenbriketts und schließlich Weizen, dessen Menge sich allerdings nur auf etwa 2½ vH der Steinkohlenmenge beläuft. Die acht genannten Warengattungen umfassen etwas mehr als 83 vH des gesamten Umschlagverkehrs.

Ein großer Vorteil für die Ausgestaltung der Umschlagvorrichtungen ergibt sich weiter daraus, daß infolge der großen in Frage kommenden Gütermengen nur leistungsfähige Zubringer und Verteiler in Frage kommen, und zwar in erster Linie die Eisenbahnen. Die Eisenbahngleise können aber mit Leichtigkeit so hoch gelegt werden, daß die Schiffe unter Zuhilfenahme der Schwerkraft beladen werden können. Wenn eine Wertminderung durch das Umladen zu befürchten ist, wie z. B. bei der Kohle, so wird dem dadurch Rechnung getragen werden, daß durch Verwendung von Trichtern ein stetiges Zuströmen des Ladegutes nach dem Schiffsraum erreicht wird, oder daß das Ladegut auf schiefen Ebenen, die etwas stärker geneigt sind als der natürliche Böschungswinkel des Gutes, oder auch durch Schüttrinnen oder Förderbänder dem Schiffe zugeführt wird. Bei schweren Gütern, wie z. B. bei Erzen, sind derartige Anlagen außerdem zur Schonung des Schiffskörpers erforderlich. Schiffsbeladung unter Ausnutzung der Schwerkraft ist auch bei Speicheranlagen üblich, z. B. bei Verladung von Getreide in Schiffe.

Schwieriger gestaltet sich die Entladung der Schiffe, insbesondere der Seeschiffe. Bei den Binnenschiffen ist das gesamte Schiffsdeck in der Regel aufklappbar, nur auf beiden Seiten ist ein schmaler Steg zur Aussteifung der Seitenwand und zum Begehen vorgesehen, der aber das Entladen nicht hindert. Hinderlich sind dagegen die Querversteifungen, die in einer Entfernung von durchschnitt-

Abb. 4. Elektrohängebahn eines Gaswerkes in Holland.

lich etwa 5 m angeordnet sind. Bei Binnenschiffen sind sie jedoch im allgemeinen nicht als Wände bis auf den Boden durchgeführt wie bei Seeschiffen. Die Entladung mit Greifern, Becherwerken, Saughebern und Förderbändern macht also bei Binnenschiffen keine erheblichen Schwierigkeiten, weil die umständliche Beseitigung der besondere Arbeit verursachenden Restladung in jedem Abteil entfällt. Die Seeschiffe dagegen sind mit Rücksicht auf die größere Beanspruchung und aus Sicherheitsgründen durch Querschotten unterteilt. Zur Abkürzung der Liegezeiten bei Seeschiffen müssen daher möglichst viele Entladevorrichtungen benutzt werden, in der Regel arbeitet ein besonderer Kran für jede Luke.

Beispiele von Umschlaganlagen für den Schiffsverkehr verschiedenster Art zeigen Abb. 1 bis 7.

Die Umschlageinrichtungen der Eisenbahn.

Da die Eisenbahnen die gegebenen Zubringer und Verteiler für die Beförderung mit Schiffen sind, hat der Umschlag zum und vom Schiff natürlich auch seinen Einfluß auf die Einrichtung der Eisenbahnwagen für den Umschlag ausgeübt. Der deutsche offene Normalgüterwagen ist außer mit Seitentür auch mit Kopfklappen an jedem Ende des Wagenkastens ausgerüstet, die ihn zum Entladen mit Kopfkippern geeignet machen. Diese Einrichtung ist im wesentlichen mit Rücksicht auf den Kohlenumschlag in den Duisburg-Ruhrorter Häfen erfolgt, der bekanntlich so gut wie ausschließlich mit Kopfkippern vonstatten geht[1]). Ganz allgemein kommt dem Umschlag vom und zum Eisenbahnwagen zustatten, daß der für den Umschlag mittels Schwerkraft erforderliche Höhenunterschied zwischen dem zu entladenden und dem zu beladenden Fördergefäß bei Eisenbahnen und Landfahrzeugen sich ohne Schwierigkeiten herstellen läßt.

Die Entladung der Eisenbahnfahrzeuge selbst vollzieht sich am einfachsten und billigsten bei Verwendung von sogenannten Selbstentladern, die in Deutschland mit einem Ladegewicht bis zu 50 t hergestellt werden. Hier ist zum Entleeren eines Wagens nur ein Handgriff erforderlich. Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ist aber zu bedenken, daß derartige Wagen nicht unerheblich schwerer sind als die üblichen O-Wagen und daß sie vor allen Dingen für das gleiche Fassungsvermögen fast doppelt so viel kosten wie diese. Bei den leistungsfähigen und in Deutschland gut eingeführten Kopfkipperanlagen kommt ihre Verwendung schon infolge des allgemeinen Kapitalmangels in größerem Umfange zur Zeit kaum in Frage. Lohnend sind sie vor allen Dingen dann, wenn große Massen in geschlossenen Zügen auf kurze Entfernungen zu befördern sind. In Amerika verkehren derartige geschlossene Züge mit einem Fassungsvermögen bis zu rd. 17 000 t. Die Beladung eines Erzschiffes mit 10 000 t vollzieht sich auf diese Weise in wenigen Stunden. In kleinerem Maßstab ist diese Art der Verladung für den Erzversand von dem Norwegischen Hafen Narvik durchgeführt. Dort verkehren 50 t-Selbstentlader; in einem Zuge werden 2000 bis 2500 t Erz befördert.

[1]) Vergl. S. 1209.

Kraftwagen und Güterumschlag.

Der erst in neuerer Zeit entstandene Wettbewerb des Kraftwagens wird aber bei den Eisenbahnen Wandel schaffen. Die Überlegenheit des Kraftwagens für die Befriedigung mancher Verkehrsbedürfnisse beruht nämlich im wesentlichen auf seiner größeren Beweglichkeit, die es ihm gestattet, Güter unmittelbar von der Versand- zur Empfangstelle zu befördern, während bei der Beförderung kleinerer

Abb. 5 bis 7. Schiffsumladeeinrichtung.

Abb. 8. Fahrbarer Kipper von 20 t Ladegewicht als Verschiebelokomotive.

Mengen auf Eisenbahnen überall da, wo kein Bahnanschluß besteht, mehrmaliger Umschlag erforderlich ist. Auf dem Wegfall des Umschlags beim Kraftwagen beruht im wesentlichen auch seine größere Beförderungsgeschwindigkeit. Wie stark diese Tatsache ins Gewicht fällt, geht daraus hervor, daß diese Überlegenheit besteht, obwohl die reinen Beförderungskosten mit Kraftwagen ungefähr doppelt so hoch sind wie auf der glatten Schienenbahn. Die Eisenbahnen sind heute dem Kraftwagen gegenüber in der gleichen Lage, in der früher die Binnenschiffahrt den Eisenbahnen gegenüber gewesen ist. Denn die Umschlagkosten treffen in erster Linie das weniger bewegliche und weniger anpassungsfähige Verkehrsmittel. Gegenüber dem Binnenschiff ist die Eisenbahn, die mit verhältnismäßig scharfen Krümmungen die gewerblichen Anlagen aufsuchen kann, überlegen. Bei Mengen, die die Anlage eines Anschlußgleises rechtfertigen, bleibt dieser Vorteil der Eisenbahn im allgemeinen auch gegenüber dem Kraftwagen bestehen, nur bei kleineren Frachtmengen kommt die Überlegenheit des Kraftwagens zur Geltung. Wollen die Eisenbahnen diesem Wettbewerb begegnen, und das werden sie im allgemeinen Verkehrsinteresse müssen, so können sie dies im wesentlichen nur dadurch erreichen, daß die Umschlagvorrichtungen auf den Bahnhöfen vervollkommnet werden. Soweit Massengüter in Frage kommen, wird dies in erster Linie durch Kipperanlagen auch auf kleineren Bahnhöfen, insbesondere aber bei den größeren geschehen müssen. Aus diesem Grunde soll der Einrichtung dieser Kipper zum Umschlag auch kleinerer Einzelmengen hier besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Kipperanlagen.

Einige neuere Kipperanordnungen zeigen Abb. 8 bis 16. Die Entwicklung der Eisenbahnwagenkipper überhaupt, die an sich schon seit vielen Jahrzehnten bekannt sind, hat in letzter Zeit wesentliche Fortschritte gemacht, durch die sie sich den verschiedenartigen Verhältnissen gut anpassen.

Die schon seit längerer Zeit nach den Patenten von Prof. Dr.-Ing. Aumund gebauten Kurvenkipper, die auf Eisenbahngleisen fahrbar sind, ermöglichten, die Eisenbahnwagen von den Hochbahnen unmittelbar auf die darunter liegenden Lagerplätze zu entladen. Sie haben bei dieser Arbeitsweise auf vielen Hüttenwerken und in anderen Betrieben wertvolle Arbeit geleistet. Die Bauart dieser Kipper kann als bekannt vorausgesetzt werden, auch in der neueren von J. Pohlig A.-G. und Rheinmetall ausgeführten Bauart, die ein besonderes Richten der Bremshauswagen auf Drehscheiben unnötig macht.

Ein Nachteil dieser Kipper ist ihr großes Gewicht, das ein Arbeiten nur auf besonders stark gebauten Hochbahnen gestattet. In dieser Beziehung ist ein ebenfalls nach den Patenten von Prof. Aumund gebauter fahrbarer Kipper günstiger, der erst in letzter Zeit fertiggestellt worden ist, und der eine von den bisherigen Kippern abweichende Arbeitsweise zeigt. Während bisher die Wagen beim Kippen auf einer geneigten Bühne oder Bahn standen und in der geneigten Lage durch sehr kräftige Fanghaken gehalten wurden, wird bei den neuen Kippern die Neigung des Wagens durch Heben des einen Armes einer Schere bewirkt, während der andre Arm der Schere wagerecht liegen bleibt. Die unteren Räder des Wagens bleiben daher auf einer wagerechten Bahn stehen, und der von den Fanghaken aufzunehmende Längsschub erreicht nur einen Bruchteil der früheren Werte. Das ist für die Eisenbahnwagen günstig. Vor allen Dingen werden die Kipper auf diese Weise sehr leicht und entsprechend billig. Ein neuzeitlicher fahrbarer Kipper, der für ein Hüttenwerk zum Entladen von Kohlen von einer Hochbahn geliefert wird, hat nur ein Gewicht von reichlich 20 t, während das Gewicht der früheren fahrbaren Kipper etwa 75 t beträgt. Allerdings entladet dieser Kipper nur in der Gleisrichtung. Das Ladegut kann aber, wenn erforderlich, durch Schurren zwischen die Gleise oder nach den Seiten des Gleises geleitet werden. Bei diesem Gewicht ist der Kipper so leicht beweglich, daß er, durch einen 45pferdigen Lastkraftwagen-Benzolmotor angetrieben, als Lokomotive mit einer Geschwindigkeit bis zu 3 m/s fahren und in manchen Fällen eine besondere Verschiebelokomotive ersetzen kann. Abb. 8 zeigt den Kipper mit aufgerichteten Stoßeisen als Verschiebelokomotive.

Die bei diesen Kippern angewendete Arbeitsweise ermöglicht, auch die ortfesten Kipper leichter und billiger herzustellen, als es bisher möglich war. Ich will von den verschiedenen Ausführungsformen nur zwei anführen, die ich für geeignet halte, bei dieser uns jetzt besonders beschäftigenden Frage des Umschlags kleinerer Mengen, wie sie beim Kraftwagen-Wettbewerb in Frage kommen, gute Dienste zu leisten.

Zu diesem Zwecke kommen nur sehr leichte und billige Kipper in Frage. Ist eine Drehscheibe zum Richten der Wagen vorhanden, so kann der einfache Kopfscherenkipper, dessen Gewicht nur etwa 7 t beträgt, die Aufgabe wohl mit dem geringsten bisher bekannten Aufwand an Konstruktionsgewicht und Kosten lösen. Spart man auch am Füllrumpfinhalt und entnimmt man das Ladegut, insbesondere die Kohle, aus einem Schüttrumpf durch ein ansteigendes Band, so kann man die Kohle auf einen Lagerhaufen ablagern, wie in Abb. 9 bis 11 angegeben, oder auch in Gespannwagen ausladen. Diese Arbeitsweise ist in den Vereinigten Staaten von Amerika in Verbindung mit Selbstentladern sehr verbreitet. Sie dürfte auch in Deutschland in Verbindung mit einem billigen Kipper für viele Fälle eine geeignete Lösung darstellen.

Wenn keine Drehscheibe vorhanden ist, kann der Scherenkipper als Drehscheibe benutzt werden. Auch diese Bauart des Kippers, die in Abb. 12 bis 14 dargestellt ist, ist sehr einfach und erfordert ein Konstruktionsgewicht von nur etwa 10 t. Sie kann auch für Bahnhöfe in Frage kommen, aber auch für größere Entlademengen, die für die Schiffsbeladung meistens in Betracht kommen. Bei der Benutzung auf Bahnhöfen wird man um den Kipper herum eine Reihe von Taschen anordnen können, wie sie im Grundriß angedeutet worden sind. Wenn die örtlichen Verhältnisse eine tieferliegende Fahrbahn ermöglichen, so können aus diesen Taschen verschiedene Güterarten in Straßenfahrzeuge abgezapft werden.

Besondere Vorteile bietet dieser Kipper für das Entladen größerer Mengen in einen an der Seite des Gleises gelegenen Füllrumpf, wie in Abb. 14 unten angegeben. Die Arbeitsweise ist dann so, daß der Kipper ohne weiteres durch das Anheben des einen Scherenhebels gedreht wird. Hebt man den einen Hebel, so dreht sich der Kipper um 90° und nach der Entladung wieder in die Gleisrichtung zurück. Da die Lage des Bremshäuschens durch die Wahl der zu hebenden

Schere berücksichtigt und in jedem Falle der Kipper nach derselben Seite gedreht wird, so läßt sich nicht nur jeder Aufenthalt vermeiden, sondern es wird auch jede Möglichkeit, daß der Kipper einmal nicht in Gleisrichtung stehen könnte, beseitigt. Bei dieser einfachen Arbeitsweise ist der Kipper sehr leistungsfähig. Die Erbauerin, die Gesellschaft für Aumund-Patente m. b. H., die diese Kipper in Verbindung mit der Maschinenfabrik Becker in Berlin-Reinickendorf herstellt, gibt an, daß mit diesem Kipper bis zu 40 Wagen in der Stunde entladen werden können. Ähnliche Leistungen weisen die neuen Ruhrorter Kipper allerdings auch auf. Sie sind aber schwerer, und man kann die Leistungsfähigkeit nicht gut voll ausnutzen, weil die Schiffe zu oft verholt werden müssen. Das läßt sich vermeiden, wenn man, wie es auch schon von Pohlig für den Kölner Hafen ausgeführt ist, das Ladegut mit einem schwenkbaren Plattenbandförderer in das Schiff leitet. Man kann dabei in sehr einfacher Weise schädliche Fallhöhen vermeiden. Um die Arbeitsweise etwas besser zu zeigen, ist in Abb. 15 und 16 eine Anordnung dargestellt, wie sie sich wohl für Häfen eignen könnte. Die Darstellung läßt erkennen, daß man sich allen vorkommenden Wasserständen leicht anpassen kann.

Abb. 9 bis 11. Kohlenablagerung mittels Kopfscherenkippers auf einen Lagerhaufen.

Wirtschaftlichkeit der Umschlagvorrichtungen.

Von besonderem Interesse ist selbstverständlich die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Umschlagvorrichtungen. Abb. 17 zeigt eine Zusammenstellung von Wirtschaftsdiagrammen, die im wesentlichen dem bekannten Werke von Professor Dr.-Ing. H. Aumund, „Hebe- und Förderanlagen", erschienen 1916, entnommen sind. Für Verzinsung sind die Vorkriegsätze in Höhe von 5 vH des noch abzuschreibenden Kapitals gleich 2½ vH des Anlagekapitals und für Abschreibungen 10 vH, zusammen also 12½ vH des Anlagekapitals zugrunde gelegt. Heute sind diese Sätze selbstverständlich zu niedrig. Es kommt aber hier nur auf einen Vergleich an. Unter den gleichen Voraussetzungen ist das Wirtschaftsdiagramm für Selbstentlader ermittelt und durch Abb. 18 dargestellt worden bei der weiteren Annahme, daß die Mehraufwendungen für den Selbstentladerzug gegenüber einem *O*-Wagen-Zug, die etwas höheren Betriebkosten infolge größeren toten Gewichts und teurerer Unterhaltung und für die Einrichtung besonderer Be- und Entladeeinrichtungen, insbesondere Bunkeranlagen, 1 Mill. oder 500 000 *M* im Jahre betragen. Für den Fall, daß Bunkeranlagen fort-

Abb. 12 bis 14.
Kopfscherenkipper als Drehscheibe.

fallen können, lohnt sich die Einrichtung eines Selbstentladerzuges schon bei geringeren Fördermengen.

Diese kurze, ganz überschlägliche Darstellung und Beschreibung ausgeführter Umschlagvorrichtungen zeigt bereits, daß die hier in Frage kommenden Probleme grundsätzlich gelöst sind, abgesehen von den Umschlagvorrichtungen für Massengut auf Bahnhöfen, die notwendig sein werden, um dem Wettbewerb des Kraftwagens zu begegnen. Auf diesem Gebiete sind allerdings bemerkenswerte Vorschläge gemacht und hier ihrer neuzeitigen besonderen Bedeutung wegen etwas ausführlicher dargestellt worden.

Die Betrachtung dieser Aufgaben zeigt, daß es zur Erhöhung des Wirkungsgrades unserer Umschlags- und Verkehrsmittel erforderlich ist, den Gesamttransport von der Gewinnungsstelle zur Verwendungsstelle, z. B. also die Beförderung des Erzes von der Grube bis zur Gicht des Hochofens zu betrachten. Das hier zu entrollende Bild wäre daher nicht vollständig, wenn nicht auch die Beförderungsselbstkosten bei den für den Massentransport in erster Linie in Frage kommenden Verkehrsmitteln, nämlich bei Eisenbahn und Wasserstraßen, in Betracht gezogen würden. Zu diesem Zwecke sind die Ergebnisse der Selbstkostenberechnungen für die Beförderung von Massengut durch Abb. 19 dargestellt worden. Auf die Berechnungen im einzelnen einzugehen, würde hier zu weit führen. Wer sich mit diesen Fragen eingehender befassen will, möge auf die einschlägigen Quellen verwiesen sein[1]). Die bildliche Darstellung dieser Ermittlungen zeigt, daß die Selbstkosten der Güterbeförderung auf Eisenbahnen geringer sind als auf dem Mittellandkanal, und die Selbstkosten der Beförderung auf dem Rhein, die vor dem Kriege bei etwa 0,35 ₰/tkm gelegen haben, nur unerheblich übersteigen. Sie zeigt auch, daß die Selbstkosten mit zunehmendem Verkehr fallen, und es unterliegt keinem Zweifel, daß die Beförderung von Massengütern in großen Zugeinheiten, wie sie in Amerika üblich ist, sogar die Rheinfrachten unterschreiten würden.

Wie nochmals betont werden möge, handelt es sich hier um die Selbstkosten der Beförderung und nicht um die Tarife. Die Tarife, die für die Entschließungen des Verfrachters über die Benutzung des einen oder anderen Verkehrsmittels in erster Linie ausschlaggebend sind, sind grundverschieden von den Selbstkosten, und zwar sind die

[1]) Leo Sympher, Die wirtschaftliche Bedeutung des Rhein-Elbe-Kanals, Berlin 1899.
Wilhelm Cauer, Massengüterbahnen, Berlin 1909, Julius Springer.
C. Colson, Eisenbahnen und Wasserstraßen, Bulletin des internationalen Eisenbahnkongreßverbandes, deutsche Ausgabe 1910, 2. Bd S. 2885, insbesondere Anhang I S. 2993 und II S. 2999.
Fritz Helm, Über die Selbstkosten des Eisenbahnbetriebes usw., Verkehrstechnische Woche (1916) Nr. 46/48.
Fritz Helm, Selbstkostenberechnung für einen Erzzug aus dem Minettegebiet nach Oberschlesien, 1917, bei den Akten des Kriegsministeriums.

Eisenbahntarife bekanntlich im allgemeinen höher als die Schiffsfrachten. Dies ist im wesentlichen auf folgende Tatsachen zurückzuführen:

Die Eisenbahntarifpolitik nimmt wenig Rücksicht auf den Massentransport, so z. B. gibt es noch keinen Zugtarif, obwohl die Selbstkosten bei Auflieferung in ganzen Zügen und bei den üblichen in Frage kommenden Entfernungen auf etwa die Hälfte sinken. Die in Deutschland ganz allgemein durchgeführte Tarifeinheit bedeutet eine weitere Mehrbelastung des sich auf verkehrsreicheren und daher wirtschaftlicher arbeitenden Strecken abwikkelnden Massengüterverkehrs, der auf diese Weise zu den Kosten unwirtschaftlicher Strekken der zahlreichen sogenannten Meliorationsbahnen herangezogen wird. Auch der Personenverkehr ist immer noch im Verhältnis zum Massengüterverkehr unterbelastet.

Die Eisenbahntarife werden im Gegensatz zu den Schiffsfrachten unabhängig von den Konjunkturen festgesetzt. Man hat bei den Eisenbahnen immer den größten Wert darauf gelegt, möglichst gleichmäßige Tarife aufzustellen.

Die Eisenbahnen unterliegen der Verkehrsteuer in Höhe von durchschnittlich etwa 6 vH ihrer Roheinnahme, während die Verkehrsteuer bei der Schiffahrt aufgehoben ist. Die Reichsbahn ist schließlich der Hauptträger der Reparationslasten Deutschlands geworden. Sie muß 40 vH dieser Lasten aufbringen.

Im Gegensatz zu den Eisenbahnen wird die Binnenschiffahrt durch Zuschüsse zur Unterhaltung der Schiffahrtstraßen, durch Ausnahmetarife usw. unterstützt. Während des Versagens der Wasserstraßen durch Trockenheit, Eisgang usw. müssen die Eisenbahnen einspringen. Das hat zur Folge, daß entweder ein für diese Spitzenbe-

Abb. 15 und **16.** Kipperanordnung für den Hafenverkehr.

Abb. 17. Wirtschaftlichkeitsdiagramme für Eisenbahnwagenentladung.

A	Anlagekosten mit Selbstgreifern	60 000 ℳ
B	„ durch Kippen aus den Seitentüren	40 000 „
C	„ mit Schwerkraftkipper	60 000 „
D	„ „ motorangetriebenem Plattformkipper	50 000 „
E	„ „ Kipper zum Beladen von Seeschiffen	150 000 „
F	„ „ Plattformhochkipper	100 000 „
G	„ „ einfachem feststehenden Kurvenkipper	40 000 „
H	„ „ fahr- und drehbarem Kurvenkipper	50 000 „

Abb. 18. Wirtschaftlichkeitsdiagramm für Selbstentlader bei 1 Mill. und 0,5 Mill. *M* Anlagekosten.

[1] die Linien *E* und *G* sind aus dem Wirtschaftlichkeitsdiagramm, Abb. 17 entnommen.

Abb. 19. Selbstkosten für Massengutbeförderung auf Eisenbahnen und dem Mittellandkanal.

lastung ausreichender Verkehrsapparat bereitgestellt werden muß, oder daß der Verkehr nicht sachgemäß bedient werden kann. Beides geht zu Lasten der Wirtschaft. Diese unterschiedliche Behandlung der beiden wichtigsten Verkehrsmittel muß dazu führen, daß eine Verschiebung der zwischen den beiderseitigen Arbeitsgebieten zu ziehenden natürlichen Grenzen eintritt, daß also mit andern Worten gegen den wirtschaftlichen Grundsatz, den beabsichtigten Zweck mit einem Mindestaufwand an Mitteln zu erreichen, verstoßen wird.

Die Frage des Ausbaues der Wasserstraßen ist nicht dringend; denn der Güterverkehr ist im Vergleich zu 1913 erheblich zurückgegangen, während die Leistungsfähigkeit von Bahnanlagen und Verkehrsmitteln etwa die gleiche geblieben ist. Sie können daher noch eine bedeutende Steigerung des heutigen Verkehrs aufnehmen. Der Ausbau von Wasserstraßen ist daher jedenfalls weniger dringend als die Herstellung der Schnellbahn Köln-Dortmund. Wenn man einer blutleeren Wirtschaft, wie es die deutsche zurzeit ist, mit Grund die Aufwendungen für die Schnellbahn nicht zumuten will, so treffen diese Erwägungen erst recht für die Wasserstraßen zu. Auch der Hinweis auf die Arbeitslosigkeit ist in diesem Zusammenhang nicht durchschlagend. Die Herstellung von Kraftwagenstraßen, von Wohnungen, die Urbarmachung von Ödländereien usw. ist dringender.

Ebensowenig wie man von einer Kuh Milch und Fleisch gleichzeitig verlangen kann, kann man der Eisenbahn im Vergleich zur Schiffahrt derartige Lasten auferlegen und billige Tarife verlangen. Hiermit soll selbstverständlich nicht gesagt sein, daß die deutsche Eisenbahnpolitik nicht auch ihre Vorteile hätte. Die deutsche Wirtschaft hat aber das größte Interesse daran, daß die richtige Grenze zwischen den einzelnen Verkehrsmitteln nicht verschoben wird; denn die Kosten einer derartigen Verschiebung, die gleichbedeutend mit einem höheren Gesamtaufwand ist, fallen doch letzten Endes wieder der Gesamtwirtschaft zur Last und beeinträchtigen ihre Wettbewerbfähigkeit.

In wirtschaftlicher Hinsicht zeigen diese Betrachtungen, daß die Selbstkosten der Umschlagvorrichtungen sowohl wie der Verkehrsmittel selbst mit zunehmendem Verkehr stark abnehmen, und darin ist einer der wesentlichsten Gründe zu suchen, die die wirtschaftliche Überlegenheit der Vereinigten Staaten von Amerika erklären, die es erklären, daß zahlreiche deutsche Erfindungen erst drüben nutzbar gemacht worden sind. Die Vereinigten Staaten stellen ein einheitliches großes Wirtschaftsgebiet dar, bevölkert mit 115 Mill. Menschen, die ungefähr viermal so viel verbrauchen wie die Bewohner Deutschlands und fast so viel wie die Einwohner von ganz Europa, ein Wirtschaftsgebiet also, das an Bedeutung nicht viel hinter Gesamteuropa zurücksteht. Dieses Europa aber ist insbesondere nach seiner Balkanisierung durch das Versailler Diktat in 34 selbständige Wirtschaftsgebiete zerspalten, von denen auch die kleineren den Ehrgeiz haben, ihre eigene nationale Industrie ins Leben zu rufen, und sich zu diesem Zwecke durch Hochschutzzölle von der umliegenden Welt absperren. Welcher unproduktive Aufwand ist erforderlich, die Landgrenzen mit einer Gesamtlänge von mehr als 58 000 km und die Seegrenzen von mehr als 67 000 km zu bewachen?

Gemessen an den Fortschritten neuzeitlicher Güterherstellung bietet Europa heute ein kläglicheres Bild als Deutschland vor der Gründung des Zollvereins. Einzelne führende Länder Europas mögen sich noch so sehr dagegen sperren, geholfen kann Europa nur werden durch wirtschaftlichen Zusammenschluß. Wie beim Zollverein werden auch hier die wirtschaftlichen Nöte eine Einigung auch gegen den Willen kurzsichtiger Politiker im Laufe der Zeit erzwingen. [B 889]

Erzumschlaganlagen in Amerika.

In den Vereinigten Staaten von Amerika sind die Stielgreifer-Krananlagen (muletts) sehr verbreitet. Aus der Skizze, Abb. 1, läßt sich die Arbeitsweise eines mit Druckwasser arbeitenden Stielgreifers erkennen. Auf dem längs der Kaimauer fahrbaren Vollter *a* mit nach hinten auskragendem oberen Hauptträgerpaar *b* ist senkrecht zur Ufermauer eine Bühne *c* mit einem dreieckigen Fachwerkstück *d* fahrbar angeordnet. Ein großer ungleichförmiger Winkelhebel *e*, der in dem Pfosten *f* als Drehachse gelagert ist, trägt die Greifersäule *g* mit außerachsig daran hängendem Greifer *h*; die Greifersäule ist kastenförmig ausgebildet und dient zugleich als Wärterhaus. Als Gegengewicht ist am hinteren Ende des Hebels *e* der Wasserakkumulator *i* angebracht, der das Druckwasser für den Antrieb der Anlage liefert. Die Greifergefäße entleeren in Eisenbahnwagen oder auf Freilager. Das fahrbare Gefäß *k* dient als Zwischenrumpf zum Entleeren, wenn leere Wagen nicht schnell genug zur Stelle sind. In einer Anlage der United States Steel Corporation werden mit sieben Stielgreifern insgesamt rd. 10 000 t Erz in etwas weniger als 3 h umgeschlagen. („Fördertechnik und Frachtverkehr" Bd. 18 (1925) Nr. 13.) [M 801] Sd.

a fahrbares Volltor
b oberes Hauptträgerpaar
c fahrbare Bühne
d Stützgerüst für *e*
e Winkelhebel
f Pfosten für *e*
g Greifersäule
h Greifer
i Wasserakkumulator
k fahrbares Gefäß.

Abb. 1. Schema einer Stielgreifer-Krananlage.

Anforderungen des neuzeitlichen Güterumschlagverkehrs an den Hafenbau.

Von *G. de Thierry.*

Aus der Erwägung heraus, daß ein Hafen in den seltensten Fällen eine angemessene Verzinsung seiner Anlagekosten gewährleistet, werden die einzelnen Teile des Hafens in aller Kürze besprochen. Technische Vollkommenheit in allen Teilen ist Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Betrieb.

Die frühere Begriffsbestimmung, nach der ein Hafen als eine Wasserfläche anzusehen sei, die den Schiffen ermöglicht, vor Strömungen, Wind und Eisgang geschützt, beladen und entladen, gebaut und ausgebessert zu werden, entspricht insofern den heutigen Anforderungen nicht mehr, als es die wirtschaftlichen Anforderungen mit sich gebracht haben, daß der Ausrüstung mit maschinellen und Verkehrseinrichtungen eine ebenso große Bedeutung beigelegt werden muß, als den schiffahrtstechnischen Eigenschaften des Hafens.

Wie berechtigt eine Erörterung dieser Frage ist, geht daraus hervor, daß nach Angaben von Sir Fred. Lewis, des Leiters vieler englischer Schiffahrtsgesellschaften, bei der Golf Line, die den Verkehr zwischen englischen und kanadischen Häfen vermittelt, von den Bruttoeinnahmen eines Jahres 29 vH durch den Lösch- und Ladebetrieb verbraucht werden. Obwohl es sich hierbei um einen Verkehr über eine reine Seestrecke von annähernd 3000 Seemeilen handelt, bei der also der Aufenthalt in Zwischenhäfen nicht in Frage kommt, übersteigen die Ausgaben des Hafenbetriebes diejenigen für Kohlen und Heizöl um 10 vH. Wenn die Ursache für ein solches Mißverhältnis, zum Teil wenigstens, auf die Schwierigkeit, die Güter durch die Luken zu befördern, zurückzuführen ist und in dieser Beziehung ein Unterschied zwischen Massengut und Stückgut gemacht werden muß, so lassen die angegebenen Zahlen, die mehr nach ihrer verhältnismäßigen als nach ihrer absoluten Größe zu werten sind, doch erkennen, in welch ungeheurem Umfange das Löschen und Laden die Betriebsergebnisse der Reedereien, namentlich bei kürzeren Reisen oder beim Anlaufen zahlreicher Zwischenhäfen, belasten und die Höhe der Frachten beeinflussen muß.

Es ist eine eigentümliche Tatsache, daß in allen Zweigen der Industrie durch Erhöhung der Leistungsfähigkeit der maschinellen Anlagen eine weitestgehende Verbilligung der Gestehungskosten angestrebt wird, während der Frage, ob es nicht möglich ist, durch Verbilligung der Hafenunkosten die Erzeugungskosten zu vermindern, eine verhältnismäßig nur geringe Bedeutung beigelegt wird. Mögen diese Kosten gegenüber allen andern Ausgaben auch gering sein, wenn man, wie es bei der deutschen Industrie der Fall ist, alle Kräfte anspannen muß, um das Erzeugnis deutschen Fleißes auf dem Weltmarkt absatzfähig zu erhalten, so liegt es nahe, dem Einfluß des Hafenaufenthaltes und den Kosten für Löschen, Laden, Lagern und Transport der Güter im Hafengebiet, die alle zusammen auf die Höhe der Transportkosten maßgebenden Einfluß ausüben, größere Aufmerksamkeit zuzuwenden.

In seinem Werke: „Die wirtschaftliche Bedeutung des Rhein-Elbe-Kanals" hat Sympher auf Grund berechneter Frachtkosten, die mit den tatsächlichen Frachtkosten recht gut übereinstimmten, die Wirtschaftlichkeit der Güterverfrachtung auf den Wasserstraßen nachgewiesen.

Die Frachtkosten zerfallen in Liegekosten und Streckenkosten. Diese werden um so geringer, je größer die tägliche Fahrtleistung ist. Die Liegekosten dagegen, die Verzinsung, Abschreibung, Unterhaltung, Versicherung des Fahrzeuges, Gehälter und Löhne der Besatzung, Verwaltungskosten, Steuerbeträge usw. umfassen, werden den Frachtpreis um so niedriger gestalten, je mehr Reisen das Schiff im Jahre machen kann. Die Frage der wirtschaftlichen Fahrgeschwindigkeit, von der die Reisedauer beeinflußt wird, steht in keinem Zusammenhange mit dem Hafenbau, dagegen ist es die vornehmste Aufgabe des Hafenbauers, durch zweckmäßige Hafeneinrichtungen die für das Löschen und Laden erforderliche Zeit nach Möglichkeit abzukürzen und die Kosten hierfür herabzusetzen. Der dem Schiffe durch Warten auf Ladung im Hafen erwachsende Zeitverlust anderseits muß, wenn die Wirksamkeit vollkommener Hafeneinrichtungen nicht in Frage gestellt werden soll, durch immer vollkommenere Ausgestaltung der kaufmännischen Organisation auf das geringste Maß herabgesetzt werden.

Wenn man auf der einen Seite keine Kosten sparen will, um den Hafen so auszugestalten, daß das Schiff in kürzester Zeit abgefertigt und die Güter mit geringstem Kostenaufwand und Zeitverlust ihrem Bestimmungsort zugeführt werden, womit zu gleicher Zeit weitestgehende Ausnutzung des Hafens ermöglicht wird, so muß man sich von vornherein darüber im klaren sein, daß, mit Ausnahme ganz vereinzelter Fälle, die hierfür aufzuwendenden Kosten weder voll verzinst noch getilgt werden können.

Der neuzeitliche Güterumschlagverkehr muß somit von dem Hafenbau höchste Wirtschaftlichkeit fordern. Das Gebilde, das wir in den Begriff „Hafen" zusammenfassen, setzt sich aber aus so vielen Einzelfaktoren zusammen, die wiederum als Funktionen andrer veränderlicher Größen das Endergebnis beeinflussen, daß es nur in den seltensten Fällen angängig ist, Erfahrungen von einem Fall auf den andern zu übertragen und bestimmte Fälle als Musterbeispiele nachzuahmen.

Jede Hafenanlage muß als Resultierende einer großen Anzahl von einzelnen Kraftkomponenten betrachtet werden. In jedem Falle wechseln die wirtschaftlichen Bedürfnisse: so erfordert z. B. der Großhandel in vielen Fällen andre Hafeneinrichtungen als der Transithandel. Die Einrichtungen des Hafens müssen häufig andre sein, je nachdem die Güter im Hafengebiet längere Zeit lagern oder nach vorübergehender Lagerung ihren Weg auf dem Wasser oder mit der Eisenbahn ins Hinterland nehmen. Die Art der Güter wird ebenfalls den Ausbau des Hafens beeinflussen, und durch Lagerung der Güter im Freien werden, wo dies angängig ist, Schuppen erspart, deren hohe Anlagekosten nach mehrfachen Erfahrungen nur verzinst werden können, wenn vermietbare Lagerräume in Kellern oder oberen Geschossen angeordnet werden. Durch die Ansiedlung der Industrie im Hafen selbst, oder in dessen nächster Nähe, wird wiederum die Ausgestaltung des Hafens beeinflußt und in den meisten Fällen werden günstigere wirtschaftliche Ergebnisse der Gleisanlagen zu erzielen sein. Der Fuhrwerkverkehr, der in manchem Hafenbetrieb durch den Leichter- oder Eisenbahnverkehr in den Hintergrund gedrängt war, gewinnt mit Entwicklung des Kraftwagenverkehrs erhöhte Bedeutung. Die Frage, durch welche besonderen Anordnungen im Hafen die Anforderungen dieses neuen, mit Riesenschritten sich entwickelnden Verkehrs befriedigt werden können, muß als eine der dringendsten gegenwärtig zu lösenden Fragen bezeichnet werden.

Die Verschiedenartigkeit der zu lösenden Verkehrsaufgaben bringt es daher mit sich, daß von einer Normalisierung oder Typisierung von Häfen in ihrem Gesamtbild nicht die Rede sein kann. Schließlich wird die Lösung der Frage durch die örtlichen Verhältnisse in einschneidendster Weise beeinflußt, und es kann in dieser Beziehung im allgemeinen behauptet werden, daß eine in jeder Beziehung befriedigende Lösung um so schwieriger ist, je stärker sich der Einfluß der von den örtlichen Verhältnissen abhängigen Komponente geltend macht. Unter örtlichen Verhältnissen ist nicht nur der Einfluß des für den Hafenbau zur Verfügung stehenden Geländes zu verstehen, sondern auch die Lage des Hafens zum Eisenbahnnetz, zur Stadt und deren Straßennetz, zur See oder zum Fahrwasser und unter Umständen zu den Wasserstraßen, die den Verkehr zwischen Hafen und Hinterland vermitteln.

Es kann, wie gesagt, nicht der Zweck dieses Aufsatzes sein, durch Anführen verschiedener Lösungen, die sich unter diesen oder jenen bestimmten Verhältnissen bewährt haben, feststehende Regeln oder auch nur Richtlinien aufzustellen. Ich möchte vielmehr eine Anzahl von Punkten hervorheben, die nach meiner Auffassung durch eine Aussprache geklärt werden sollten, wozu die Güterumschlag-Verkehrswoche die beste Gelegenheit bietet.

Von dem Gesichtspunkt ausgehend, daß ein Hafen als ein industrielles Unternehmen von größter wirtschaftlicher Tragweite aufzufassen ist, das meistens weit davon entfernt ist, unmittelbare Überschüsse zu liefern, sondern die Stadt- oder Staatsfinanzen mehr oder weniger belastet, ist als erste selbstverständliche Forderung die Einschränkung aller unproduktiven Ausgaben auf das geringste Maß zu bezeichnen. Große Wasserflächen im Hafen sind z. B. nur dort gerechtfertigt, wo der unmittelbare Umschlag zwischen Seeschiff und Fahrzeug der Binnenschiffahrt ausgedehnte Hafenflächen erfordert. Wenn auf der einen Seite der Umschlag „im Strom" (nach der in Hamburg üblichen Ausdrucksweise) den Vorteil bietet, daß das Schiff die durch Ufermauern und Schuppenanlagen wertvolleren Liegeplätze am Kai nicht in Anspruch zu nehmen braucht, so ist anderseits die geringe Leistungsfähigkeit dieses Umschlages schwer in Einklang zu bringen mit dem hohen Kapitalwert neuzeitlicher Seeschiffe, deren Abfertigung hierdurch meist viel Zeit erfordert. — Hierauf ist es daher wohl zurückzuführen, daß in Hamburg z. B., wo der Verkehr im Strom in früherer Zeit eine sehr große Rolle spielte, das Bedürfnis nach Liegeplätzen am Kai rascher zunimmt, als das Bedürfnis nach Liegestellen „im Strom". Eine Ausnahme macht allerdings das Löschen von ganzen Getreideladungen mit Hilfe pneumatischer Förderanlagen, wobei die Inanspruchnahme von Liegestellen am Kai nur dann in Frage kommt, wenn ein Weitertransport mit der Bahn stattfindet.

Bei Flußhäfen ist ein besondrer Vorhafen meist entbehrlich und nur notwendig, wenn der Hafen durch eine Schleuse zugänglich ist. Man wird daher bestrebt sein, wenn es das für den Hafen verfügbare Gelände irgendwie gestattet, den Hafen möglichst in die Nähe des Fahrwassers zu legen und die Kosten eines besonderen Zugangkanals zu sparen. Im allgemeinen muß die Anlage eines als Winter- und Schutzhafen dienenden Vorhafens als unwirtschaftlich und unzweckmäßig für den eigentlichen Hafenbetrieb bezeichnet werden. Häufig begegnet man Angaben darüber, welche Neigung die Achse der Hafenmündung zur Achse der Fahrrinne haben darf. Ohne Würdigung der Breite des Fahrwassers, Lage der Einfahrt im Hinblick auf Richtung von Strömungen und vorherrschenden Winden kann derartigen Angaben kein großer Wert beigelegt werden.

Ein Wendeplatz vor dem Hafen wird selten zu entbehren sein. Die Ufer des Wendeplatzes können aber nur in beschränktem Maße für den Verkehr nutzbringend verwertet werden. Die Kosten für den Aushub eines die volle Drehung eines Schiffes gestattenden Wendeplatzes sind anderseits so groß, daß es für die Wirtschaftlichkeit des ganzen Hafenunternehmens notwendig ist, diesen Kostenaufwand auf das geringste Maß herabzusetzen. Bedenkt man, daß im allgemeinen eine Wendung des Schiffes um 90 Grad ausreichend ist, um ihm beim Verlassen des Hafens die richtige Lage zur Fahrtrichtung zu geben, so wird ein Wendeplatz mit der Grundrißgestalt eines Viertelkreises allen Anforderungen des Verkehrs genügen[1]).

Hinsichtlich der Breite der Hafenbecken geht zunächst aus den vorliegenden Erfahrungen das Bestreben hervor, die Beckenbreite mit Rücksicht auf die Kosten des Erdaushubes, vor allem aber, um möglichst große, wirtschaftlich ausnutzbare Uferflächen zu gewinnen, nach Möglichkeit einzuschränken. Das Maß der fünffachen Breite der größten den Hafen aufsuchenden Schiffe scheint für die mittlere Breite des Beckens den meisten Anforderungen zu genügen. Allerdings wird man, wie es bei Seehäfen vielfach vorkommt, dort, wo Leichter- oder Flußfahrzeuge längsseits der am Kai vertauten Schiffe liegen, mit dieser Breite nicht auskommen. Unter Berücksichtigung aller Verhältnisse sollte die mittlere Breite zur Erleichterung des Verkehrs nach der Einfahrt allmählich zunehmen, indem die Breite gegen das landseitige Ende des Hafenbeckens entsprechend verringert wird. Es entstehen hierdurch keine Mehrkosten. dagegen gewährt diese Anordnung den Vorteil bequemerer Zuführung der Gleise an die Kaie.

Daß die Tiefe der Hafenbecken, unter Berücksichtigung der allerniedrigsten Wasserstände, mindestens dem größten Tiefgang der den Hafen aufsuchenden Schiffe entsprechen muß, darf wohl als selbstverständliche Forderung angesehen werden.

Absolut hochwasserfreie Kaiflächen erschweren bei manchen Flußhäfen mit großem Wasserstandswechsel den Lösch- und Ladebetrieb. Diese Erschwernisse machen sich bei geböschten Ufern unangenehm geltend. Bei Neuanlagen müssen jedoch hochwasserfreie Kaiflächen gefordert werden. Mit Rücksicht auf eine möglichst wirtschaftliche Ausnutzung der dem Lösch- und Ladebetrieb dienenden maschinellen Einrichtungen und um Kaiflächenbreite zu gewinnen, müssen senkrechte Ufereinfassungen an die Stelle der geböschten Ufer treten.

Von der Voraussetzung ausgehend, daß der Verkehr sich an den Kais vollzieht, müssen möglichst große Kailängen bei kleinster Wasserfläche angestrebt werden. Hierbei wird man allerdings berücksichtigen müssen, daß, sobald die Kailänge ein gewisses Maß überschreitet, die Eisenbahnbedienung der Kaie mit erheblichen Schwierigkeiten und Kosten verbunden ist. Die vorliegenden Erfahrungen scheinen darauf hinzuweisen, daß Kailängen von etwa 900 m den Anforderungen am besten genügen. Ein zu kurzer Kai ist unwirtschaftlich, weil die Verschiebelokomotiven durch wiederholte Sägebewegungen bei der Zustellung und Abholung der Eisenbahnwagen zu unvorteilhaft ausgenutzt werden.

Die Breite der Kaiflächen ist abhängig von der Anzahl der Ufergleise, der Breite einer etwaigen Ladestraße für Kraftwagen auf der Wasserseite der Schuppen, der Breite der Schuppen selbst und der auf der Landseite noch erforderlichen Gleise, Straßen und Speicher. Die Frage ob ein, zwei oder drei Ufergleise für die Durchführung eines geregelten Lösch- und Ladebetriebs erforderlich sind, ist noch keineswegs eindeutig geklärt, die endgültige Lösung wird in jedem Einzelfalle nur unter richtiger Würdigung der örtlichen Bedürfnisse zu finden sein. Neuerdings hat man sich in Bremen zur Anordnung von vier Ufergleisen entschlossen. Unter Annahme dreier Ufergleise, wie wir sie in den meisten Häfen vorfinden, einer Schuppenbreite von etwa 30 m, die in den meisten Binnenhäfen ausreichend sein wird, und schließlich einer Fahrstraße von 10 m Breite auf der Rückseite des Schuppens, gelangt man zu einer Breite der Kaifläche von etwa 60 m. In unseren Seehäfen haben die Abmessungen der Dampfer zu viel größeren Schuppenbreiten geführt, besonders auffallend ist es daher, daß, nach einem bekanntgewordenen Entwurf für die Erweiterung des Hafens von Southampton, bei einer Niederwassertiefe von 13,7 m vor dem Kai die von beiden Seiten für Anlegezwecke nutzbaren Hafenzungen eine Gesamtbreite von nur 79 m erhalten sollen; als Gegenstück sei auf den Hafen von Le Havre hingewiesen mit einem Baumwollschuppen von 744 m Länge und 114,30 m Breite.

Wie schon erwähnt, sind geböschte Ufer um so weniger für Anlegezwecke geeignet, je größer der Wasserspiegelunterschied und je breiter die Schiffe sind. Senkrechte Ufereinfassungen müssen also in jedem den neuzeitlichen Anforderungen des Güterumschlagverkehrs dienenden Hafen gefordert werden. Die hohen Kosten, die mit der Anlage massiver Kaimauern verbunden sind, legen den Gedanken nahe, durch Anwendung der hierfür besonders geeigneten Eisenbetonbauweise aufgelöste Ufereinfassungen an Stelle der massiven Kaimauern treten zu lassen.

Die Frage, ob für den Lastautoverkehr die Anordnung einer Fahrstraße neben den Ufergleisen zweckmäßig oder notwendig ist, oder ob man zu ebenerdigen, für Lastkraftwagen zugänglichen Schuppen übergehen soll,

[1]) Vgl. die Dissertation des Magistratsbaurats Dr.-Ing. R. Henrici: „Der Einfluß der Bau-, Betriebs- und Personalkosten sparsam hergestellter kleinerer Binnenhäfen auf deren Jahreskosten und Tarife", veröffentlicht im 5. und 6. Bande des Jahrbuches der Hafenbautechnischen Gesellschaft.

bedarf noch der Prüfung. Jedenfalls sollte mit Rücksicht auf den Kraftwagenverkehr bei allen Fahrstraßen innerhalb des Hafengebietes Steinpflaster auf Packe und Schütte mit vergossenen Fugen angewendet werden. Hierbei bleibt jedoch die Frage offen, ob das Pflaster nicht vielleicht durch Beton ersetzt werden kann. Die Erfahrungen der Studiengesellschaft für den Bau von Automobilstraßen werden voraussichtlich wichtige Fingerzeige in dieser Beziehung liefern.

In unsern Seehäfen, in denen die zunehmenden Schiffsgrößen zu einer Vergrößerung der Schuppentiefe auf 60 bis 70 m geführt haben, steht man der Anordnung mehrgeschossiger Schuppen ablehnend gegenüber. In ausländischen Häfen dagegen findet man nicht nur zwei-, sondern mehrgeschossige Schuppen. In Kristiania ist man so weit gegangen, ein Kaigebäude für Lagerzwecke mit zehn Geschossen zu errichten. Bei dem schon erwähnten Entwurf einer Hafenerweiterung in Southampton scheint die Absicht zu bestehen, die ankommenden Güter auf dem Obergeschoß der zweistöckigen Schuppen abzusetzen. Das Untergeschoß und ein etwaiges Kellergeschoß könnten bei zwei- oder dreistöckigen Kaischuppen für Lagerzwecke ausgenutzt werden. Bei dem innigen Zusammenhang zwischen weitestgehender Ausnutzung der Hebezeuge und zweckmäßigster Unterbringung der Güter im Schuppeninnern scheint es angebracht, die Anregung, die Generaldirektor Dr.-Ing. Kauermann schon vor etwa 15 Jahren gegeben hat, eingehend zu prüfen. Nach Kauermanns Vorschlag sollten die Dachbinder des Schuppens über die wasser- und landseitigen Gleise so weit vorgezogen werden, daß daran aufgehängte Drehkrane auf der Wasserseite das Schiff und auf der Landseite Fuhrwerke bedienen können. Nach meiner Auffassung war es die Absicht Kauermanns, diese Anordnung nur bei zwei- oder mehrgeschossigen Schuppen, die zum Teil zu Lagerzwecken ausgenutzt werden, anzuwenden. Durch die Verwendung von Elektrokarren im Innern des Schuppens ist eine wesentliche Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Schuppenbetriebes erzielt worden. Bei der Verwirklichung des Kauermannschen Vorschlages würde sich aber der Übergang des Gutes von dem Kaihebezeug zu dem Schuppentransportmittel erübrigen und eine vollkommenere Ausnutzung der Schuppenfläche ermöglichen, da die für die Karren offen zu haltenden Wege, zum Teil wenigstens, für Lagerzwecke verfügbar würden. In Stettin scheint man nach eingehenden Erwägungen zu der Ansicht gekommen zu sein, daß der Vorschlag Kauermanns die beste Lösung gewährt. Die Vorteile der Anordnung mehrerer Geschosse, die zum Teil zu Lagerzwecken benutzt und vermietet werden in einem derartigen Kaigebäude, erblickt man in Stettin darin:

1. daß das Gut ohne jede Unterbrechung von seiner Lagerstelle an seine Bestimmungsstelle gebracht wird, im Eingang wie im Ausgang;
2. daß jedes stapelfähige Gut durch die Krane ohne weiteres gestapelt werden kann;
3. daß ein erheblicher Teil an Lagerfläche gewonnen wird, da die für Sortierungszwecke beizubehaltenden Karrgänge auf ein Kleinstmaß beschränkt werden können, mit dem Vorteil, daß der Verschleiß der Schuppenbelagbohlen außerordentlich gering wird;
4. daß die Krane selber vor allen Witterungseinflüssen geschützt sind;
5. daß das Gut im Freien einen sehr kurzen Weg zurückzulegen hat, was bei schlechtem Wetter wichtig ist, und schließlich
6. daß die auf den Rampen und Ladebühnen arbeitenden Leute bei schlechtem Wetter geschützt sind.

Magistratsbaurat Weyland in Stettin, dem ich diese Mitteilungen verdanke, ist der Ansicht, daß bei der Anordnung mehrerer Geschosse das Erdgeschoß und das oberste Geschoß für den Umschlag verwandt werden sollen. Im Erdgeschoß würden zweckmäßig Elektrokarren benutzt, und dieses Geschoß würde nach Möglichkeit nur für solche Güter benutzt, die sich bequem auf den Elektrokarren befördern lassen. Die übrigen Geschosse und das Kellergeschoß ständen für Lagerzwecke zur Verfügung. Sie wären durch Fahrstühle und Schurren mit den Umschlaggeschossen zu verbinden.

Die Frage, ob der Bau oder wenigstens der Betrieb der Kaischuppen dem Staat oder der Stadt, die den Hafenbau unternimmt, vorbehalten oder Privatunternehmern überlassen werden soll, ist auch nicht völlig geklärt. Die Tatsache, daß es in Stettin durch Ausnutzung des Kellergeschosses für Lagerzwecke möglich ist, den Schuppenbetrieb wirtschaftlich zu gestalten, bietet dem Erbauer des Hafens die Möglichkeit, eine allerdings geringe Verzinsung des großen Anlagekapitals zu erzielen. Wird der Schuppenbetrieb Speditionsfirmen oder andern Beteiligten überlassen, so sollte die Pachtsumme so bemessen sein, daß dem Erbauer des Hafens eine wenn auch mäßige Verzinsung des Anlagekapitals gesichert wird. Erfahrungsgemäß ist nur durch den Lagereibetrieb in den Häfen eine Verzinsung zu erzielen. Alles weist somit darauf hin, bei dem Bau von Schuppen diese auch für Lagerzwecke, sei es durch Unterkellerung, sei es durch Anordnung mehrerer Geschosse, einzurichten.

Hinsichtlich der Krankonstruktionen sind in letzter Zeit so viel Neuerungen vorgeschlagen und zum Teil auch angewendet worden, daß es dringend wünschenswert ist, aus berufenem Munde Näheres über die gesammelten Erfahrungen zu hören. Gegenüber den Vorteilen, die der einhüftige oder volle Portalkran vor denjenigen Krankonstruktionen gewährt, die einen größeren Raum der Kaie in Anspruch nehmen, scheint jedoch die Frage berechtigt, ob in Binnenhäfen, namentlich in solchen mit geringem Verkehr, Verschiebekrane nicht mit Vorteil verwendet werden können. Die hohen Anlagekosten elektrischer Krane und der hierfür notwendigen Kabel sind nur bei entsprechendem Verkehr gerechtfertigt. Nach meiner Auffassung können jedoch Rangierkrane nur dort mit Vorteil verwendet werden, wo drei Ufergleise vorhanden sind, weil das vom Rangierkran während des Lösch- und Ladebetriebes in Anspruch genommene Gleis für die Aufstellung von Wagen so gut wie ganz ausscheidet. Die Verschiebekrane haben den Vorteil, daß sie in Häfen, in denen der Umfang des Verkehrs die volle Ausnutzung besonderer Verschiebelokomotiven nicht gewährleistet, beispielsweise in Häfen, in denen der Verkehr mit Fuhrwerk (Lastkraftwagen) oder der Leichterverkehr eine größere Rolle spielt als der Eisenbahnverkehr, erhebliche Ersparnisse an Betriebkosten ermöglichen.

Hinsichtlich der Eisenbahnanlagen muß allgemein daran festgehalten werden, daß der Eisenbahnbetrieb im Hafengebiet der Hafenverwaltung vorbehalten bleiben sollte. Es darf als selbstverständlich vorausgesetzt werden, daß der zweckmäßigen Ausgestaltung der Eisenbahnanlagen eines Hafens dieselbe Bedeutung beizulegen ist, wie der mit Rücksicht auf die Schiffahrt notwendigen Anordnung der Hafenbecken. Unter allen Umständen muß gefordert werden, daß die Eisenbahnanlagen zur Bewältigung des stärksten Verkehrs ausreichen. Die zweckmäßige Anordnung der Gleisanlagen, durch die nach Möglichkeit Sägebewegungen vermieden werden, wird unter Umständen, wenn z. B. eine oder zwei Verschiebelokomotiven gespart werden können, die Betriebkosten des Hafens wesentlich beeinflussen. Daß diese Fragen viel besser von einem Hafeningenieur, der mit den Anforderungen des Betriebes im Hafen vertraut ist, als von einem Eisenbahnfachmann gelöst werden können, beweist die mustergültige Lösung, die der damalige Hafenbaudirektor Hirsch im Duisburger Hafen getroffen hat. Anderseits ist aber die Mitwirkung von Eisenbahnfachleuten nicht zu entbehren; die Lösung, die unter Mitwirkung dieser Fachleute in Köln gefunden wurde, beweist, wie segensreich sich dies Zusammenwirken von Hafen- und Eisenbahningenieur gestalten kann.

Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß berechtigte Klagen darüber laut werden, daß die Eisenbahn den Erfordernissen der Häfen nicht das richtige Verständnis entgegenbringt. Zunächst muß für jede Hafenanlage gefordert werden, daß der Hafenbahnhof zur Tarifstation erhoben wird. Wenn dies nicht erreicht und der Hafen als Privatanschluß den Frachtsätzen der Eisenbahn gemäß behandelt wird, können unter Umständen die zu zahlenden Anschlußgebühren die Lebensfähigkeit des Hafens in Frage stellen. Durch Hafenabgaben (Hafengeld, Ufergeld, Krangeld, Gebühren für vorübergehende Lagerung in den Schuppen, Abtransport durch die Eisenbahn, Überführung und Anschlußgebühren) können die hohen Baukosten der Schuppen, der Hafenbecken, der Ufereinfassungen, der Gleis- und Straßenanlagen im Hafen nicht gedeckt werden. Es scheint um so

mehr gerechtfertigt, den Ausfall aus den Erträgnissen der allgemeinen Steuern zu decken, als in den meisten Fällen die mittelbaren Vorteile, die der Hafen für die Allgemeinheit durch Förderung von Handel und Industrie und Hebung des allgemeinen Wohlstandes mit sich bringt zahlenmäßig nicht nachgewiesen werden können.

Eine Stadt, durch deren Mitte sich ein Fluß oder Kanal hinzieht, wird für den Verkehr so viele Brücken über den Fluß bauen, wie es der Verkehr fordert, und darauf verzichten, von den Benutzern der Brücken Abgaben zu erheben; sie wird vielmehr die Kosten der Allgemeinheit aufbürden. In gleicher Weise sind die Kosten für einen Hafen zu behandeln. Diese Grundsätze sind allgemein anerkannt, und es ist mir kein Fall bekannt, daß gegen diese Auffassung Widerspruch erhoben worden wäre.

Anders liegen jedoch die Verhältnisse bezüglich der Eisenbahngebühren. Auf ihren Güterbahnhöfen stellt die Eisenbahn Schuppen, Gleise und Straßen allen denjenigen, die Güter empfangen oder versenden, kostenlos zur Verfügung und verzinst diese Anlagen durch Erheben von Abfertigungsgebühren. Es liegt daher offenbar ein Widerspruch darin, daß die Eisenbahn, statt die Anlage von Häfen mit allen Mitteln zu fördern, weil ihr aus den Häfen Verkehr zugeführt wird und ihr die Beförderungsgebühren zufließen, durch Erheben recht hoher Abgaben die Wirtschaftlichkeit des Hafenbetriebes schwer belastet.

Schlußwort.

Es ist bereits darauf hingewiesen worden, daß ein Hafen wegen der Verschiedenartigkeit aller darin zusammenwirkenden Faktoren als ein recht verwickeltes industrielles Unternehmen aufgefaßt werden muß. Der wirtschaftliche Erfolg des ganzen Unternehmens wird jedenfalls nur erzielt werden können, wenn alle zu reibungsloser Zusammenarbeit vereinigten Einzelteile in technischer und wirtschaftlicher Beziehung gegeneinander richtig abgestimmt sind, um allen Verkehrsanforderungen zu genügen. Die Lösung dieser auf wirtschaftlichem Grund und Boden wachsenden Aufgabe stellt in technischer und, man darf es ruhig aussprechen, auch in gewissem Sinn auch in künstlerischer Beziehung sehr hohe Anforderungen an den Ingenieur. Möge die vom Verein deutscher Ingenieure veranstaltete Güterumschlag-Verkehrswoche zur Erreichung dieses hohen Zieles beitragen, zum Nutzen der deutschen Wirtschaft und zur Ehre aller daran teilnehmenden Ingenieure des In- und Auslandes. [B 707]

Güterumschlag auf Umladebahnhöfen.

Die Notwendigkeit, Güterzüge zur Verteilung der Stückgüter in einen engeren Eisenbahnbezirk in neuzusammengestellte Güterzüge umzuladen, wird sich nicht umgehen lassen. Das Umladen möglichst wirtschaftlich zu gestalten, ist eine ziemlich bedeutende Aufgabe. Meist werden hierzu Stechkarren und Elektrokarren verwandt.

Eine noch wenig bekannte Art des Umladens wird auf dem Umladebahnhof Bebra benutzt. Zwischen vier Gleisen *a* bewegt sich ein umlaufendes Förderband *b*, Abb. 1. Aus dem beladenen Zug werden die Güter mit Stechkarren auf das stetig umlaufende Band gefahren und bei dem zu beladenden Eisenbahnwagen jeweils eingeladen. Die Förderanlage[1]) besteht aus einem endlosen rd. 630 m langen, 120 cm breiten Band aus Riffelblechplatten. Der Übergang über die beiden mittleren Gleise erfolgt über ausschwenkbare Tore *c*. Sicherheitsvorrichtungen aller Art schützen die Tore und das Förderband.

Das Band setzt sich aus 420 einachsigen Wagen zusammen, einschließlich acht Kupplungswagen *d* und vier Triebwagen *e*. Die Kupplungs- und Triebwagen sind symmetrisch angeordnet. Jeder Triebwagen ist mit einem 12 PS-Motor ausgerüstet, der mit Zahnrädervorgelege dem Band 0,8 m/s Geschwindigkeit gibt. Diese gestattet ein bequemes und gefahrloses Aufgeben und Abnehmen der Stückgüter. Die Tragfähigkeit jedes Förderwagens beträgt 1000 kg.

Mehrere in der Halle verteilte Schalter ermöglichen zum Aufladen besonders schwerer Güter das Aus- und Einschalten des Bandes; eine Vorrichtung am Hauptschaltschrank zeigt sämtliche gezogenen Schalter an. Die Schleifleitung ist zwischen den Laufschienen des Bandes verlegt. Abb. 2 zeigt ein Drehtor in ausgeschwenkter Stellung. Gegenüber dem Umladen mittels Stechkarren kann mit dieser Anlage mehr als das Doppelte an Umschlagleistung erzielt werden. [M 812] Weicken.

[1]) Gebaut von Unruh & Liebig Leipzig-Plagwitz.

RZ 812 Z 3

Abb. 2. Stückgut-Umladehalle Bebra, Drehtor in ausgeschwenkter Stellung.

a 60 70 b 80 90 100 105 110 e d c a a d 105 40 30 b 20 10 e 100 a nach Stellwerk Kob 7,0 286 m 300 m RZ 812 Z 1

Abb. 1. Schema der Güterumladeanlage auf dem Umladebahnhof Bebra.

a Gleise *b* umlaufendes Förderband *c* ausschwenkbare Tore *d* Kupplungswagen *e* Triebwagen.

Die Duisburg-Ruhrorter Häfen.

Von Regierungsbaurat Germanus, Duisburg-Ruhrort.

Entwicklung des Hafens — Verkehr — Umschlaganlagen im Hafen — Bedeutung für das gesamte deutsche Wirtschaftsleben — Die wichtigsten Teile.

Blick in den Hafenkanal.

Die Duisburg-Ruhrorter Häfen stellen in ihrer Gesamtheit den größten Binnenhafen Europas, ja sogar der Welt dar; ihr Verkehr übersteigt den Umschlag der übrigen Rheinhäfen zusammengenommen ganz erheblich. Eigenartig ist der Aufbau ihrer Verwaltung und bedeutsam ist ihre geschichtliche Entwicklung, die mit derjenigen des Ruhrkohlenbergbaues und der Ruhr aufs engste verknüpft ist, hat doch die Schiffahrt auf diesem heute praktisch nicht mehr schiffbaren Flusse die Hafenanlagen geschaffen, ihnen fast ein Jahrhundert hindurch die Kohlen zugeführt und den Grundstein zu dem Ruhrschiffahrts- und Ruhrhafenfonds gelegt, der den allmählichen Ausbau des staatlichen Ruhrorter Hafens aus eigenen Mitteln, d. h. ohne staatliche Zuschüsse ermöglichte.

Der Anfang der Ruhrschiffahrt geht bis auf das 11. Jahrhundert zurück. Im Jahre 1805 wurde durch einen auf allerhöchsten Spezialbefehl erlassenen Ministerialerlaß der Ruhrschiffahrtsfonds gegründet, d. h. hinfort waren die Einnahmen der Ruhrschiffahrtskasse ausschließlich zur Unterhaltung und Verbesserung der Ruhr und ihrer Anlagen, also auch der an der Ruhrmündung gelegenen Umschlaganlagen, zu verwenden.

Entwicklung der Häfen.

Der Kohlenverkehr auf der Ruhr betrug im Jahre 1814 60 000 t und erreichte im Jahre 1847 850 000 t. Der Bau der Köln-Mindener Eisenbahn zog einen großen Teil des Verkehrs auf den Bahnweg, immerhin konnte im Jahre 1860 noch eine Spitzenleistung von 870 000 t erreicht werden. Seit diesem Jahre ging der Wasserverkehr sehr rasch zurück, um im Jahre 1890 sein Ende zu erreichen.

Betrachtet man die Kurve des Kohlenverkehrs auf der Ruhr, so hat man gleichzeitig — wenigstens bis zum Jahre 1860 — ein Bild von der Entwicklung der Hafenanlagen an der Ruhrmündung, die mit der schnellen Steigerung des Wasserverkehrs selbstverständlich Schritt halten mußten.

Den Ursprung des Ruhrorter Hafens bildete eine nahe der Stadt Ruhrort vom Jahre 1715 ab ausgebaute alte Ruhrschlenke von 10 bis 12 m Breite und 1 ha Wasserfläche. Der zunehmende Kohlenverkehr bedingte eine wesentliche Erweiterung dieser primitiven Anlage, und so wurde in den Jahren 1820 bis 1825 auf Veranlassung des Freiherrn von Vincke aus Mitteln des vorher erwähnten Ruhrschiffahrtsfonds ein ringförmiges Becken von 1500 m Länge und rd. 7 ha Wasserfläche erbaut. Der nördliche Teil dieses Beckens besteht heute noch in seiner ursprünglichen Form unter dem neuen Namen Werfthafen. Die Verdoppelung des Verkehrs von 160 000 t im Jahre 1826 auf 340 000 t im Jahre 1834 erforderte die Herstellung des 1000 m langen Schleusenhafens in den Jahren 1837 bis 1842. Der heutige Bunkerhafen ist die nördliche Hälfte des teilweise zugeschütteten, teilweise im Vinckekanal aufgegangenen alten Schleusenhafens. Der Bau der Eisenbahn und die Ansiedlung zahlreicher industrieller Unternehmungen machte in den Jahren 1860 bis 1868 den Bau des Nord- und des Südhafens nötig. Der Vergrößerung der Schiffe Rechnung tragend wählte man eine Sohlenbreite von 70 m (gegen 25 bis 30 m in den älteren Hafenteilen). Erstmalig mußte sich die Ruhr eine Verlegung nach Süden gefallen lassen.

Eine Folge des nach dem deutsch-französischen Krieg einsetzenden wirtschaftlichen Aufschwunges war der Bau des Kaiserhafens in den Jahren 1872 bis 1890 mit unmittelbarem Anschluß an den Rhein. Wiederum mußte die Ruhrmündung ein Stück nach Süden weichen. Obgleich zu Anfang dieses Jahrhunderts einige Verkehrzubringer ausfielen, indem bedeutende Werke eigne Häfen bauten, war trotzdem eine ganz erhebliche Vergrößerung der bestehenden Hafenanlagen nicht zu umgehen. So entstanden in den Jahren 1903 bis 1908 die Hafenbecken A, B und C mit dem Hafenkanal als unmittelbarem Zugang zum Rhein. Der Ruhr wurde abermals, diesmal aber zum letztenmal, eine neue Mündung gegraben. Gleichzeitig mußte im Norden eigens für die neuen Hafenanlagen ein großer Hafenbahn-

hof Ruhrort-Hafen-Neu angelegt werden, nachdem sich der Verschiebebahnhof Ruhrort-Hafen-Alt als völlig unzureichend erwiesen hatte.

Anschließend an die Kanalisierung der Ruhr baute der eigens zu diesem Zwecke gegründete „Rhein-Kanal-Aktienverein" in der Zeit von 1828 bis 1832 einen 8,5 m breiten Stichkanal vom Rhein zur Stadt, der dem heutigen Außenhafen entspricht.

Der Wunsch nach einer unmittelbaren Verbindung mit der Ruhr führte zur Gründung des „Ruhr-Kanal-Aktienverein", der im Anschluß an den Rheinkanal in den Jahren 1840 bis 1844 ein 800 m langes Hafenbecken (den jetzigen Innenhafen) und von da in nördlicher Richtung den 1 km langen Ruhrkanal erbaute. Aus finanziellen Gründen vereinigten sich beide Unternehmungen im Jahre 1860 zu dem „Rhein-Ruhr-Kanal-Aktienverein", dem insbesondere die Verbreiterung des Rheinkanals oblag und dem eigentlich die Verlängerung des Hafenbeckens nach Osten hin und der Bau eines eigenen Hafenbahnhofs vorbehalten sein sollte. Dem Kanalverein war indes die Aufbringung der erheblichen Geldmittel für die beiden letzten Pläne nicht möglich, und so entschloß sich die Stadt Duisburg im Jahre 1889, das Aktienunternehmen zu übernehmen und die Erweiterung tatkräftig durchzuführen. Dem dringenden Wunsche der Kohlenhändler nach Umschlagvorrichtungen unmittelbar am Rheine wurde in den Jahren 1895 bis 1898 durch den Bau des Parallelhafens entsprochen. Auch die Stadt Duisburg glaubte dem Verkehrsaufschwung um die Jahrhundertwende Rechnung tragen zu sollen; sie beschloß den Bau ausgedehnter Hafenanlagen im sogenannten Rheinaugelände, und zwar zu einer Zeit, als die Neubauten in Ruhrort bereits im Entstehen begriffen waren.

Die Besorgnis auf beiden Seiten rechts und links der Ruhr, daß bei dem nahezu gleichzeitigen außerordentlichen Ausbau beider Häfen ein Überangebot an Hafenanlagen eintreten und somit die Wirtschaftlichkeit für beide Teile mehr als fraglich sein könnte, führte nach langwierigen Verhandlungen zur Vereinigung beider Häfen. Durch Vertrag vom 2./8. Juni 1905 vereinigten sich vom 1. Oktober 1905 ab der Ruhrfiskus und die Stadt Duisburg zu einer Betriebsgemeinschaft im Sinne der §§ 705 und 740 des BGB zum Zwecke der gemeinsamen Verwaltung und Nutzbarmachung ihrer Häfen sowie zur Tilgung ihrer Hafenschulden.

In dieses Vertragsverhältnis sind mit dem 1. April 1912 auch die früheren eisenbahnfiskalischen Häfen von Ruhrort und Hochfeld eingetreten. Im Jahre 1845 erbaut, war der Ruhrorter Eisenbahnhafen zunächst dazu bestimmt, den Eisenbahn-Übergangsverkehr zwischen Ruhrort und Homberg mittels einer Eisenbahnfähre durchzuführen. Seitdem dient er als Ausbesserungshafen, als Verladestelle für Kiestransporte und als Sitz der Ruhrorter Zollabfertigung.

Der im Jahre 1868 erbaute Hochfelder Hafen besteht aus dem Nord-, dem Süd- und dem Kultushafen und dient dem allgemeinen Umschlag.

Der Umstand, daß die ältesten Anlagen des Ruhrorter Hafens mit ihren engbegrenzten Abmessungen dem neuzeitlichen Verkehrsbedürfnis naturgemäß nicht entsprachen und daß die Verhältnisse eine Verbesserung der Zufahrtwege nach Ruhrort gebieterisch forderten, führte dazu, daß der Ruhrfiskus und die Stadt Duisburg sich über die Schaffung einer neuen Zufahrt zum Nord- und Südhafen und über die Verlegung der Verbindungsstraße einigten. Die Ausführung der Um- und Neubauten erfolgte in den Jahren 1912 bis 1914.

Endlich trat noch eine nicht unwesentliche Veränderung des Ruhrorter Hafenbildes dadurch ein, daß im Jahre 1914 der Rhein-Herne-Kanal bis an den Hafenkanal herangeführt wurde, der nunmehr auf 4 km Länge gewissermaßen das Reststück des Kanales — auch in tarifarischer Hinsicht — bildet.

So haben wir gesehen, wie sich im Lauf eines Jahrhunderts aus unbedeutenden Anfängen heraus die Häfen zu ihrer jetzigen Bedeutung entwickelt haben, und man kann wohl sagen, dank der außerordentlichen Fürsorge des preußischen Staates. Ein Gebiet von 690 ha untersteht zur Zeit der Verwaltung, darunter 180 ha Wasserfläche, 143 ha Magazinplätze und 100 ha Wege- und Bahnflächen; 280 km Gleise sind zur Zu- und Abführung der Eisenbahnwagen notwendig, 44 km Uferböschungen, darunter 6 km Kaimauern gilt es zu unterhalten. Dem Umschlag dienen 23 Kohlenkipper, 137 Krane aller Art, 144 Ladebühnen und 22 Elevatoren. 144 Schuppen und Speicher sind zur vorübergehenden Lagerung wertvoller Güter bestimmt. Die Magazinplätze sind, von geringfügigen Ausnahmen abgesehen, an Spediteure verpachtet, denen die Herstellung und der Betrieb der Umschlageinrichtungen zufällt. Der Eisenbahnbetrieb in Ruhrort und Hochfeld wird auf Grund besonderer Vereinbarungen von der Reichsbahngesellschaft durchgeführt. Lediglich in Duisburg liegt die Betriebführung mit eigenem Personal und eigenen Lokomotiven in den Händen der Hafenverwaltung. Monopol der Hafenverwaltung ist ferner der Kipperbetrieb im gesamten Hafengebiet. Die Verwaltung erfordert 300 Beamte, 80 Angestellte und 850 Arbeiter, hierzu kommen etwa 500 Beamte und 400 Arbeiter der Reichsbahnverwaltung und viele Hunderte von Kran- und Transportarbeitern, ungerechnet die zahlreichen Beamten und Angestellten der Speditions- und Schiffahrtsbetriebe.

Verkehr der Häfen.

Noch mehr als durch die räumlichen Größenverhältnisse ragen die Häfen durch ihren Verkehr hervor.

1924 wurden insgesamt 18 500 000 t Güter in den vereinigten Häfen umgeschlagen. Dieser Umschlagverkehr verteilte sich folgendermaßen auf die zur Betriebsgemeinschaft gehörigen Häfen:

Ruhrorter Hafen einschl. Eisenbahnhafens rd.	13 600 000 „
Duisburger Hafen	4 080 000 „
Hochfelder Hafen	820 000 „

Wie ein Blick auf die Verkehrsstatistik, Abb. 1 bis 3, zeigt, besteht der weitaus größte Teil des Verkehrs in der Abfuhr auf dem Wasserwege. Unter Anfuhr ist gleichfalls der Verkehr auf dem Wasserwege zu verstehen. Im Jahre 1924 betrug:

die Abfuhr . . rd.	15 700 000 t
„ Anfuhr . . .	2 800 000 t

Die Abfuhr gliederte sich in der Hauptsache in folgende Güterarten:

Kohle und Koks . . rd.	14 600 000 t
Eisenerz	100 000 „
Eisen u. Eisenwaren .	700 000 „
Getreide	40 000 „
Sonstige Güter . . .	260 000 „

Abb. 2. Abfuhr 15 749 811 t

Abb. 1. Anfuhr 2 816 266 t

Abb. 3. Gesamtverkehr 18 566 077 t

Abb. 1 bis **3.** Duisburg-Ruhrorter Güterverkehr in den Häfen im Jahre 1924.

Die Kohle steht mit über 14 Millionen Tonnen in der Abfuhr und im Gesamtverkehr weitaus an erster Stelle. Wie sie seinerzeit die Entstehung der Häfen veranlaßte und deren Entwicklung zur jetzigen Größe bewirkte, bildet sie auch heute noch die festeste Grundlage des Hafenverkehrs. Wie wichtig anderseits die Häfen für den Kohlenbergbau sind, mag ein Vergleich des Kohlenversandes über die Häfen mit der Kohlenförderung deutlich zeigen. Im Oberbergamtsbezirk Dortmund, d. h. von den rechtsrheinischen Zechen des niederrheinisch-westfälischen Bergbaugebietes wurden 1913 insgesamt 111 000 000 t Kohlen gefördert, von denen 18 200 000 t über die Häfen gingen. Rund 16,5 vH der gesamten Förderung kamen also in den Duisburg-Ruhrorter Häfen zur Abfuhr. Auch heute noch werden in den hiesigen Häfen rd. 16 vH der Ruhrkohlenförderung, davon wieder 50 vH Reparationskohlen umgeschlagen. Hinter der Kohle folgt an zweiter Stelle, jedoch in weitem Abstande, die Abfuhr von Eisen und Eisenwaren.

Die übrigen Ausfuhrgüter setzen sich zum großen Teile aus Nebenerzeugnissen der Kohlen- und Eisenindustrie zusammen. So stammen die künstlichen Düngemittel (Phosphorsaurer Kalk, Superphosphat, Thomasmehl) aus dem Hochofenprozeß; Teer, Pech, Steinkohlen-Teeröle und Naphtalin werden bei der Koksbereitung gewonnen.

Die Anfuhr auf dem Wasserwege (2 800 000 t) setzt sich aus folgenden Hauptgruppen zusammen:

Eisenerz	1 400 000 t
Getreide	360 000 „
Holz	200 000 „
Eisen- und Stahlwaren	100 000 „
Kohle	100 000 „
Sonstige Güter . . .	640 000 „

Der besondere Charakter der Häfen als wirtschaftliches Organ des niederrheinisch-westfälischen Industriegebietes tritt in der Zusammensetzung der Anfuhr fast noch deutlicher hervor als in der Abfuhr.

Bezüglich der Verteilung der Kohle auf die einzelnen Häfen der Betriebsgemeinschaft verdient hervorgehoben zu werden, daß namentlich im Ruhrorter Hafen die Kohle stark überwiegt. Von der gesamten Kohlenabfuhr von 14 600 000 t wurden nicht weniger als 11 300 000 t im Ruhrorter Hafen verladen, auf den Duisburger Hafen entfielen 2 750 000 t, der Rest auf den Hochfelder Hafen. Ist so der Ruhrorter Hafen überwiegend Kohlenhafen, so zeichnet sich der Duisburger Hafen, neben einem gleichfalls ansehnlichen Kohlenverkehr durch einen bedeutenden Getreideverkehr aus. Von der Gesamtgetreideanfuhr von 360 000 t im Jahre 1913 entfielen allein 343 000 t auf den Duisburger Hafen. Daß der Getreideverkehr sich vornehmlich dem Duisburger Hafen zuwandte, ist einmal auf die Bodenpolitik der früheren städtischen Hafenverwaltung und ferner auf bahntarifliche Vorsprünge zurückzuführen, die der Duisburger Hafen vermöge seiner Lage und seiner Bahnverbindung vor dem Ruhrorter Hafen hatte.

Umschlaganlagen der Häfen.

Von den Vorrichtungen, die den Umschlag der Güter zwischen Wasser und Land zu bewirken haben, beanspruchen die Kohlenverladevorrichtungen entsprechend der Stellung der Kohle im Verkehr der Häfen das Hauptinteresse. Die Kohlen nehmen in den Häfen den Weg vom Land zum Wasser. Es ist die Regel, daß der weitaus größte Teil unmittelbar vom Bahnwagen in das Schiffsgefäß gebracht wird. Nur bei ungünstiger Absatzmöglichkeit oder bei Störungen im Rheinschiffahrtsbetrieb werden die Kohlen vorübergehend auf den dafür vorgesehenen ausgedehnten Lagerplätzen aufgestapelt.

Die Kohlen wurden früher in der Weise verladen, daß sie von hochgelegenen, über eine Pfeilerkonstruktion geführten Bahnen auf die Magazinplätze abgestürzt und von dort mittels Hunden und Ladebühnen in das Schiff gebracht wurden. Heutzutage findet die Verladung nahezu ausschließlich durch die sogenannten Kipper statt. In Betrieb sind zurzeit 12 mechanische, 2 hydraulische und 9 elektrische, insgesamt 23 Kipper.

Die mechanischen Kohlenkipper, Abb. 4, kippen die vollspurigen Eisenbahnwagen selbsttätig, d. h. durch Benutzung des Eigengewichts der Entlademasse als Betriebskraft. Der zu entladende Wagen wird beim Auffahren auf die drehbar eingehängte Kippbühne durch eine Auffangvorrichtung so festgehalten, daß vor dem Kippen der Schwerpunkt der Bühne mit dem beladenen Wagen wasserseitig der Drehachse liegt, während sich nach dem Kippen der Schwerpunkt der Bühne mit dem entleerten Wagen landseitig der Drehachse befindet, Abb. 5. Das Festhalten des Wagens auf der Plattform geschieht durch zwei Fanghaken, die die Vorderachse des Eisenbahnwagens umfassen. Um Wagen von verschiedenem Radstande kippen zu können, hat man die Hebelanordnung der Fanghaken in einem Schlitten verschiebbar gelagert, dessen jeweils erforderliche Einstellung von dem Vorarbeiter durch ein seitlich angebrachtes Handrad mit Kegelradübertragung besorgt wird. Durch eine auf der Achse der Kippbühne befindliche Bandbremse kann die Plattform in jeder Stellung festgehalten werden. Beim Auffahren des Wagens ist die Bremse angezogen; nach Lüftung der Bremse kippt der Wagen, dessen Kopfbracke vorher geöffnet wird. Mittels eines solchen Kippers können in 9stündiger Arbeitszeit durchschnittlich 60 bis 70 Eisenbahnwagen verladen werden,

Abb. 4. Mechanischer Kohlenkipper, Gesamtanlage.

Abb. 5. Mechanischer Kohlenkipper, Bühne mit Drehpunkt, Bremse und Schwerpunktlagen.

a Schwerpunkt der Bühne mit leerem Wagen in wagerechter Stellung
b Schwerpunkt der Bühne mit leerem Wagen in gekippter Stellung
c Schwerpunkt der Bühne mit vollem Wagen in wagerechter Stellung
d Schwerpunkt der Bühne mit vollem Wagen in gekippter Stellung.

Abb. 6. Hydraulischer Kohlenkipper, Gesamtanlage.

kolbens an der Bühne steigt das Druckwasser in dem Kraftsammler, indem er dessen Belastungsgewicht emporhebt. Um den Wagen während der Entleerung in seiner Kippstellung zu halten, wird das Ventil geschlossen; nach dessen Wiederöffnung bewegt sich das Gewicht des Kraftsammlers abwärts, das Druckwasser tritt in den schwingenden Zylinder zurück und die Plattform mit dem entleerten Wagen wird wieder wagerecht gestellt.

Wesentlich leistungsfähiger ist der elektrische Kipper, Abb. 7 und 8, der in neunstündiger Schicht durchschnittlich den Umschlag von 120 Wagen ermöglicht. Ein solcher Kopfkipper reicht nicht nur bis an die Sohlenkante des Hafenbeckens, sondern wird in dieses hinein so weit vorgeschoben, daß zwischen dem Ufer und dem Wasserpfeiler ein Schiff größter Breite Platz findet. Durch diese Anordnung wird das Kippen der Kohlenwagen von der aus den Ufergleisen und von den Lagerplätzen erfolgenden Kohlenverladung unabhängig gemacht. Um den Schiffen einen sicheren Halt und die Möglichkeit schnellen Verholens zu geben, ist der bis über den höchsten Betriebswasserstand des Hafens hinaufgeführte Wasserpfeiler 50 m lang gemacht und an seinen Enden mit elektrisch betriebenen Spills ausgerüstet.

deren Tragfähigkeit zur Zeit 15 bis 20 und durchschnittlich 17,3 t beträgt. Beim Kippen fallen die Kohlen aus dem Eisenbahnwagen in einen Trichter von 15 t Fassungsraum, dessen unteres Ende durch eine Klappe verschlossen werden kann. Der Kipper wird durch fünf Mann bedient.

Bei den hydraulischen Kippern, Abb. 6, wird der Eisenbahnwagen auf der Kipplattform durch ein Fanggeschirr gefaßt, das für die verschiedenen Radstände nicht verstellt zu werden braucht. An der Plattform befindet sich ein Kolben, der in einen schwingenden Zylinder taucht. Durch die Drehachse des Zylinders hindurch führt eine Leitung zu einem zweiten mit Gegengewicht belasteten Zylinder, der sich auf einem feststehenden Kolben auf und nieder bewegen kann. Wird das Steuerventil der Leitung durch einen Hebel geöffnet, dann neigt sich die Bühne nebst der mit ihr verbundenen Schüttrinne und mit dem Wagen, dessen Vorderbracke vorher gelöst wird, in die Kippstellung. Durch das Abwärtsgehen des Tauch-

Die die beiden Pfeiler verbindende Brücke von 34 m Stützweite ist wasserseitig derart verlängert worden, daß die Kippbühne nebst dem Trichter über den Kippfeiler hinaus ausladet. Dies ermöglicht, auch bei höheren Wasserständen die großen Rheinschiffe in ganzer Breite zu beladen. Auch ist es möglich, den Kipper bis zum höchsten Betriebswasserstand in Tätigkeit zu erhalten. Außerdem ist die Brücke mit ihrem schweren Kiesbett zur Aufnahme der unvermeidlichen Stöße besonders geeignet. Die Kippbühne ist wie auch bei den alten Kippern in zwei Zapfen drehbar aufgehängt, doch sind unter den Zapfen zwei Zahnquadranten mit Triebstockverzahnung zum Eingriff der Zahnräder des elektrisch angetriebenen Kippwerkes angeordnet. Das Fanggeschirr braucht also nicht auf Wagenlängen abgestimmt zu werden, sondern in Fällen, wo der Systemschwerpunkt nicht allein die gewünschte Lage der Bühne herbeiführt, hilft der Elektromotor nach. Der Kipptrichter ist zu einem Zwischengefäß ausgebildet, das wagerecht bewegt werden kann. Diese Bewegung ermöglicht, die Kohlen über die Schiffsbreite zu verteilen, so daß die Trimmerarbeiten auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Das Zwischengefäß bietet noch weitere Vorteile: Erstens führt es, da es bis zu 70 t Kohle zu fassen vermag, einen gewissen Ausgleich herbei, wenn in der Zuführung der Wagen eine Verzögerung eintritt, oder wenn die Ladebereitschaft des Schiffes zeitweise unterbrochen wird. Zweitens ermöglicht es eine tunlichst schonende Behandlung der Kohlen. Es ist nämlich derart zweiteilig konstruiert, daß der untere, innere Trichterteil senkrecht verschiebbar ist.

Abb. 7 und 8. Elektrischer Kohlenkipper, Gesamtanlage mit Gefällelinien.

Aus drei Aufstellgleisen laufen die mit Kohlen beladenen Eisenbahnwagen unter Ausnutzung des vorhandenen Gefälles auf eine Drehscheibe und werden durch eine Gleisbremse angehalten. Nach dem Auflaufen auf die Kippbühne wird ihre Geschwindigkeit nach Erfordern vermindert. Sodann wird der Wagen an der Vorderachse durch ein stark abgefedertes

Abb. 9. Elektrischer Kohlenkipper, Fanggeschirr.

Sämtliche Steuerungen der durchweg elektrisch betriebenen Bewegungseinrichtungen werden von einem mit einem erkerartigen Ausbau versehenen Führerhaus aus betätigt, das so gestellt ist, daß der Maschinenführer den gesamten Verkehr übersieht. Überdies sind gegen die gleichzeitige Ausführung von Bewegungen, die einander stören, Verriegelungen oder sonstige Abhängigkeiten vorgesehen. Um schlecht laufende Wagen ohne Aufenthalt bewegen zu können, steht zwischen der Drehscheibe und dem Kipperkopf je ein elektrisches Spill.

Der Stromverbrauch für das Kippen beträgt durchschnittlich etwa 0,1 kWh/t und verursacht somit rd. 1 ₰/t Kosten.

Das Getreide, das als Anfuhrgut gehoben werden muß, wird mit Elevatoren — mechanisch und pneumatisch — aus dem Schiff geholt, um entweder sofort gesackt oder auf Bahnwagen verladen oder mittels Transportbandes in den Speicher befördert zu werden, Abb. 10. Die übrigen Güter werden nahezu sämtlich mittels Krane verladen, von denen über 100 von verschiedener Bauart in Betrieb sind. Für das Verladen von Erz werden neben Kranen auch Verladebrücken verwendet, die einen ganzen Lagerplatz zu bestreichen gestatten.

Fanggeschirr von 330 mm Federweg gefaßt, dessen Fanghaken unter dem Druck der Vorderräder hochschnellen, Abb. 9. Bei einem etwaigen Versagen der Fanghaken verhüten die aufgebogenen Schienenenden der Kippbühne das Hinabstürzen des Wagens, während zur Sicherheit gegen das Überkippen ein an der Kippbühne über ihrer Drehachse angeordnetes Portal dient. Gegen den Rücklauf des Wagens auf der landwärts 1 : 30 geneigten Ebene wirken zwei auf den Schienen liegende Sperrklötze, die von den Spurkränzen des anrollenden Wagens zur Seite gedrückt werden und unmittelbar hinter den Rädern durch Federkraft wieder in ihre Ruhelage zurückkehren.

Nachdem die Vorderbracke des Wagens geöffnet ist, lüftet der Kipperführer mittels eines Handrades die Bremse des Kippwerks und schaltet den Kippmotor ein. Hiermit senkt sich der wasserseitige Teil der Kippbühne derart, daß ihr Ausschlag nahezu 50 Grad beträgt. Mit Beendigung der kurzen Kippbewegung, die kräftige Federpuffer begrenzen, wird der Strom des Kippmotors abgestellt und die Handbremse angezogen. Nach dem Entleeren des Wagens wird die Handbremse gelüftet, und der Wagen richtet sich wieder auf. Hierbei schlägt die Kipperplattform auf zwei Luftpuffer, und weil sie so aufgehängt ist, daß dieser Schlag möglichst schwach ausfällt, wird es bei einigen kurzen Wagen notwendig, die Schlußbewegung durch den Elektromotor mittels eines kleinen Stromstoßes zu bewirken. Gegen die Rückwirkung von Stößen der Bühne sind Getriebe und Motor durch eine aus federnden Stahlblättern und Bronzescheiben bestehende Rutschkupplung gesichert. Da der Führer während der Entleerung des Wagens eine neben der Drehachse befindliche Kurvenführung vorgeschoben hat, die durch eine auf ihr laufende Rolle beim Zurückschwingen der Kippbühne die beiden Sperrklötze zurückzieht und gleichzeitig die Zweibogenweiche auf die Leerwagen-Drehscheibe umstellt, rollt der aufgerichtete Wagen sofort nach dieser hinab, deren Bauart derjenigen der Vollwagen-Drehscheibe gleicht. Von der Leerscheibe werden die Wagen nach dem Drehen und etwa gefordertem Verwiegen in eines der beiden Leerwagengleise abgelassen, deren Gefälle demjenigen der Vollwagengleise entgegengesetzt ist.

Wenn der leere Wagen die Weiche auf der Kipperbrücke durchlaufen hat, wird die Zweibogenweiche auf die Volldrehscheibe umgestellt, so daß von dieser der nächste Wagen abrollen kann, sobald der vorhergehende das Sperrzeichen überschritten hat.

Die abgestürzten Kohlen füllen beim Beginn des Kippgeschäftes zunächst den hochgezogenen inneren Trichterteil an. Dieser wird den weiter eingekippten Kohlenmengen entsprechend um das jeweils geeignete Maß abgesenkt. Demnächst wird in der Regel so viel Kohle in das Schiff herabgelassen, als dem Trichter von oben wieder zugeführt wird. An dem untern Ende des Trichters, der durch einen wagerechten Schieber verschlossen wird, befindet sich eine kurze Schüttrinne.

Die Bedeutung der Duisburg-Ruhrorter Häfen für das deutsche Wirtschaftsleben.

Betrachtet man die Verkehrskurve der Häfen, die für die Zeit von 1860 bis 1924 aufgestellt ist, so hat man gleichzeitig die Entwicklungskurve des deutschen Wirtschaftslebens vor Augen; hängt doch der Hafen auf das innigste mit dem industriellen Aufschwunge Deutschlands zusammen. Deutlich unterscheiden wir vier hervortretende Zeitabschnitte, einmal die Zeit langsamer aber stetiger Verkehrszunahme von 1860 bis 1906 (1,6 bis 14,3 Mill. t), dann die Epoche des raschen Aufstieges bis zum Jahre 1913, der mit 27,3 Mill. t den Höhepunkt erreicht, hieran anschließend in der Kriegs- und Nachkriegszeit den jähen Abfall mit dem Auf und Nieder des fieberkranken Wirtschaftskörpers, dessen Tiefstand mit nur 3,8 Mill. t das Jahr des Unheils 1923 brachte, endlich im Jahre 1924 den so sehnlichst erwarteten schnellen Aufstieg auf 18,5 Mill. t. Trotz der ungünstigen allgemeinen Wirtschaftslage sind die Aussichten für 1925 nicht ungünstig; wenn nicht ganz besonders widrige Umstände eintreten, glauben wir mit einem Gesamtumschlag von mindestens 21 Mill. t rechnen zu können. Dabei ist nicht zu vergessen, daß der Rhein-Herne-

Abb. 10. Elevator und Getreidespeicher des inneren Duisburger Hafens.

Kanal seit 1914 den Häfen starken Abbruch getan hat, führt er doch jährlich 5 bis 6 Mill. t Kohlen dem Rheine zu. Zurzeit verzeichnen wir einen Wochenumschlag von über 500 000 t, das ergibt auf den Tag 85 000 t oder 5700 Eisenbahnwagen mit je 15 t Inhalt. Werktäglich laufen somit 140 Züge mit je 40 Wagen, d. h. alle 10 Minuten ein Zug in den Hafenbahnhöfen ein. Diese Züge gilt es in kurzer Zeit grob nach Hafenbecken und fein nach Kippern oder Magazinplätzen zu verteilen, den Bestimmungspunkten zuzuführen und nach erfolgter Be- oder Entladung auf dem umgekehrten Weg auf den Übergabegruppen nach Richtungen geordnet zur Weiterfahrt bereit zu stellen. Gleich-

Abb. 11. Lageplan der Duisburg-Ruhrorter Häfen.

1 Überbrückung der Hafenkanäle
2 Werthafen, früher alter Hafen
3 Bunkerhafen, Rest des früheren Schleusenhafens
4 Nordhafen
5 Elevator und Getreidespeicher
6 Mechanischer Kohlenkipper
7 Hydraulischer Kohlenkipper
8 Durchstich
9 Elektrischer Kohlenkipper
10 Neue Verladeanlage
11 Schiffswerft für Ausbesserung und Neubau
12 Schleuse I des Rhein-Herne-Kanals
13 Schleuse II des Rhein-Herne-Kanals
14 Umschlagufer
15 Straßenbrücke Ruhrort-Homberg
16 Erzverladeanlage der Hütte Phönix.

zeitig durchqueren tagtäglich 100 leere und 100 beladene Kähne den Hafen, um ent- oder beladen zu werden. Die beladenen Kähne werden für die Fahrt zurecht gemacht, abgefertigt und zunächst auf die Rheinreede, den großen Wasserrangierbahnhof geschleppt, wo sie zu Schleppzügen vereinigt werden. Mächtige Schleppdampfer, in der Regel Seitenradschlepper, ziehen alsdann in stetiger Fahrt 6000 bis 7000 t Last rheinauf- und rheinabwärts und führen so das kostbare Erzeugnis deutschen Gewerbefleißes seiner Zweckbestimmung zu.

Der Hafenverwaltung obliegt die Verwaltung, die Unterhaltung und der Betrieb ihrer eigenen Anlagen. Es war schon gesagt worden, daß sich der Hafen selbst erhalten muß. Die Balanzierung des augenblicklich auf rd. 8 Mill. Reichsmark festgesetzten Jahreshaushaltes ist Sache einer geschickten Tarifpolitik. Die Tarifabgaben: Hafenfracht, Hafengeld, Ufergeld und Kippgeld[1]) sowie die Pachtsätze müssen unter Berücksichtigung der jeweiligen Wirtschaftslage so bemessen sein, daß sie einen angemessenen Überschuß ergeben, der indessen bestimmungsgemäß wiederum für Verbesserungen Verwendung zu finden hat.

Abb. 12. Ruhrort-Homberger Rheinbrücke.

Aber mit der Unterhaltung allein ist es nicht getan, die Zeit fordert gebieterisch umfangreiche verkehrstechnische und betriebliche Verbesserungen. Stillstand ist Rückgang. Die veralteten Hafenanlagen müssen allmählich vertieft und verbreitert, als Ersatz für die in Kürze abgängig werdenden ältesten Kipper müssen neuzeitliche Kohlenumschlageinrichtungen rechtzeitig beschafft werden das umfangreiche Industriegelände harrt des letzten Teils seiner Aufschließung, schließlich ist gegebenenfalls der Frage der Großraumgüterwagen Rechnung zu tragen. Die Entwürfe hierzu liegen bereit. Ob und in welchem Umfange sie zur Ausführung gelangen werden, hängt von der Entwicklung des Kohlenbergbaues und der Eisenindustrie des Hinterlandes ab. Hoffen wir, daß das Jahr 1925, das uns die Befreiung des Ruhrgebietes vom fremden Joch brachte, einen Markstein bildet in der politischen und wirtschaftlichen Weiterentwicklung unseres Vaterlandes.

Die wichtigsten Teile des Duisburg-Ruhrorter Hafens

(Vergl. insbesondere für die Besichtigung am 23. September Abb. 11.)

1. Überbrückung der Hafenkanäle. Der gesamte Brückenzug bildet die Hauptverbindung zwischen Duisburg und Ruhrort. Jede Brücke besteht aus einem festen Teile von 60 m Durchfahrweite und einer beweglichen Brücke von 20,4 m Durchfahröffnung, die nötig war, um Schiffe mit Masten und bei hohen Wasserständen Schiffe mit hohen Aufbauten durchzulassen. Die Klappbrücken mit einem Gewicht von 382 t werden durch vier Elektromotoren von 4 bis 83 PS betrieben und können in 25 s geöffnet werden.
2. Werfthafen, früher alter Hafen. Ältester noch bestehender Hafenteil, erbaut 1820 bis 1825, wird jetzt als Liege- und Ausbesserhafen benutzt.
3. Bunkerhafen, Rest des früheren Schleusenhafens. Zweitältester Hafenteil, erbaut 1834 bis 1839. Kennzeichnend sind die Pfeilerbahnen und die Ladebühnen. Der Hafen stellt die älteste Einrichtung zum Kohlenumschlag dar. Heute wird er als Ausbesser- und Liegehafen benutzt, und zwar hauptsächlich von der Firma Haniel.
4. Nordhafen. Erbaut 1860 bis 1868, Umschlaghafen der Rheinischen Stahlwerke. Am Nordufer Erzlagerplätze. Drei große Verladebrücken von 74 m Spannweite, 20 m Auskragung und 5 bis 20 t Tragfähigkeit; sechs Motoren von 63 bis 2 × 100 PS. Außerdem am Nordufer noch drei Dampfkrane. Das Erz wird mit den Sonderwagen und Hüttenlokomotiven den Hochöfen zugeführt. Am Südufer befindet sich eine Stabeisenverladebrücke[2]) mit 47 m Spannweite, 15 t Tragfähigkeit und 6 Motoren von 15 bis 100 PS. Weiterer Ausbau des Südufers für Stabeisenverladung ist geplant.
5. Elevator und Getreidespeicher, s. Abb. 10. Die ältere Anlage besteht aus einem Becherförderer, während neuere Anlagen meist als Saugförderer ausgebildet werden. Neuere Anlagen befinden sich in größerer Zahl im Innen- und Außenhafen, und zwar im ganzen 23. Getreide-Hauptstapelplatz für das Niederrheingebiet. Vorhanden sind 32 Speicher mit 187 000 m³ Fassungsraum.
6. Mechanischer Kohlenkipper, s. Abb. 4. Er besteht aus einer um die wagerechte Achse um rd. 50° neigbaren Plattform, die von einer Handbremse in jeder Lage gehalten werden kann. Das Fanggeschirr zum Ausgleich der Wagenlängen ist verstellbar. Wirkungsweise (s. a. S. 1211): Der Schwerpunkt der Plattform einschl. des beladenen Wagens liegt wasserseitig des Drehpunktes, die Bühne neigt sich nach vorn. Der Schwerpunkt der Bühne einschl. des leeren Wagens liegt landseitig des Drehpunktes, die Bühne kippt zurück. Die Wagen werden von Hand oder mittels elektrischen Spilles auf wenig geneigten Gleisen zugeführt. Fester Trichter mit verschließbarer Bodenklappe und neigbarer Schüttrinne. Durchschnittsleistung 6 bis 7 Wagen in 1 h; erforderlich zur Bedienung sind fünf Mann.
7. Hydraulischer Kohlenkipper, s. Abb. 6, S. 1212. Festes Fanggeschirr. Der Schwerpunkt liegt auch bei den längsten Wagen wasserseitig. Die Neigungsarbeit wird mechanisch abgebremst, sondern durch einen hydraulischen Akkumulator aufgenommen und dann zum Aufrichten der Bühne benutzt. Der Akkumulator besteht aus einem Tauchkolben am Bühnenkopf, der in einen schwingenden Zylinder gedrückt wird. Im zweiten festen Zylinder (im Pfeiler eingebaut) wird ein weiterer Tauchkolben mit geteilter Gegenlast nach oben gedrückt, beim Aufkippen umgekehrt. Durch ein Absperrorgan in der Leitung ist die Geschwindigkeit regelbar. Durchschnittsleistung und Zahl der Bedienungsmannschaften sind die gleichen wie beim mechanischen Kipper.
8. Durchstich (Verbindung zwischen den älteren und neueren Hafenteilen). Zweck: Erleichterung des Schiffsverkehrs zwischen alten und neuen Hafenteilen

[1]) Berichtigung. In Z. Nr. 36 S. 1176 sind in dem Abschnitt „Besichtigung des Ruhrorter Hafens“ die Umschlagkosten für Kohlen fälschlich mit 1,5 ℳ/t angegeben worden; es sollte heißen 1,5 ℳ/10 t, und diese Kosten sollten sich auch nur auf die reinen Kippkosten beziehen. Die gesamten Umschlagkosten betragen 0,45 ℳ/t und umfassen Hafengeld mit 0,04 ℳ/t Ufergeld mit 0,06, Hafenbahnfracht mit 0,2 und Kippgeld mit 0,16 ℳ/t.

[2]) s. S. 1220.

sowie Offenhaltung der Zufahrt bei Beschädigungen in einem der Hafeneingänge. Elektrisch betriebene Eisenbahn-Drehbrücke mit 23,40 m l. W. und 40 PS-Motor.

9. Elektrischer Kohlenkipper, s. Abb. 7 bis 9, S. 1212. Fanggeschirr fest. Zusatzkraft für Kippbewegung elektrisch. Der Trichter ist elektrisch über Kahnbreite fahrbar, besteht aus zwei Schüssen, der untere Teil ist in senkrechter Richtung beweglich (zum Ausgleich der Wasserstände). Bewegung des Abschlußschiebers und der Schüttrinne erfolgt elektrisch. Durch eine Weiche hinter der Kippbühne werden die Drehscheiben von einander unabhängig gemacht. Diese haben elektrisches Drehwerk und Hubwerk, um die Wagen abzustoßen; Wagenlauf selbsttätig durch Gleisneigung. Die Durchschnittsleistung beträgt 12 bis 13 Wagen in 1 h; Bedienung acht Mann.

10. Neue Verladeanlage am Becken A. Sie besteht aus zwei Brückenkranen von 41 m Spannweite und 8 t Tragkraft mit je vier Motoren von 15 bis 100 PS.

11. Schiffswerft für Ausbesserung und Neubau. Werften mit großen Krananlagen zum Heben schwerer Schiffsteile mit Tragfähigkeit bis zu 100 t befinden sich hinten an den Becken A, B und C.

12. Schleuse I des Rhein-Herne-Kanals, 1914 in Betrieb genommen, Nutzlänge 175 m, Breite i. M. 11,5 m. Im Durchschnitt können 2000 bis 2400 t Schiffsraum geschleust werden. Die Kammer hat zwei elektrisch betriebene an einer eisernen Überbrückung aufgehängte Schleusentore. Zum Wasserausgleich dienen Umläufe mit elektrisch betriebenen Schützen. Auf Bodensenkung infolge Bergbaues ist Rücksicht genommen.

13. Schleuse II des Rhein-Herne-Kanals, Im Bau begriffen, Inbetriebnahme voraussichtlich Oktober 1926. Nach Inbetriebnahme wird der Hafenkanal entlastet. Die Schleuse hat 350 m Nutzlänge, 11,5 m Breite i. M., zwei Außenhäupter und ein Mittelhaupt. Der Verschluß ist der gleiche wie bei Schleuse I.

14. Umschlagufer, durch massive Kaimauer eingefaßt. Elektrisch betriebene und Dampfkrane. Im ganzen gibt es im Duisburg- und Ruhrorter Hafen insgesamt 22 Verladebrücken, 72 Dampfkrane und 53 elektrische Krane, zusammen 147 Krananlagen von 1 bis 20 t Tragfähigkeit.

15. Straßenbrücke Ruhrort — Homberg, s. Abb. 12 (Gerberträger). Die Brücke hat fünf Öffnungen von 83,6 m, 128,3 m, 203,4 m, 121,6 m, 88,9 m Weite, also insgesamt 625,8 m Länge. Brückenbreite zwischen den Geländern 16,20 m.

16. Erzverladeanlage der Hütte Phönix. Länge des Ladeufers 420 m, ein elektrischer Kran, vier Dampfkrane. Das Erz wird entweder unmittelbar oder mittelbar durch Taschen in Sonderwagen verladen und von dort mittels elektrisch betriebener Lokomotiven den Hochöfen zugeführt. [B 843]

Eine neue Walzeisenverladebrücke.

Eine Walzeisenverladebrücke von besonderer Größe und Bauart wurde vor einiger Zeit auf dem Lagerplatz der Rheinischen Stahlwerke, Duisburg-Meiderich, von der Demag, Duisburg, errichtet[1]). Diese Verladebrücke dient zum Verladen des Walzeisens von Eisenbahnwagen oder vom Lagerplatz in Schiffe. Sie überspannt vier Eisenbahngleise und einen tiefen Lagerplatz. Die Anlage besteht aus zwei durch Querträger miteinander verbundenen fahrbaren Eisenfachwerkbrücken, deren Obergurt die Laufbahn für einen Stabeisenverladekran trägt, Abb. 1. Die Verladebrücke hat 47 m Stützweite zwischen Schienenmitte bei 9 m lichter Höhe über Schienenoberkante. Der Ausleger auf der Wasserseite hat 20,5 m Länge.

Das Brückenfahrwerk ist mit einem Drehstrommotor von 100,6 PS ausgerüstet, der der Brücke eine Eigengeschwindigkeit von 32,5 m/min gegen 10 kg/m² Winddruck verleiht. Der Fahrmotor ist auf dem Obergurt der Brücke aufgestellt und arbeitet nach beiden Seiten mittels Wellen und Zahnradübersetzungen auf die Brückenlaufräder. Die Brücke ruht auf insgesamt 16 Laufrädern, die paarweise pendelnd gelagert sind, wodurch sich der Druck auf die Laufschiene gleichmäßig verteilt.

[1]) s. VDI-Nachrichten vom 5. August 1925.

Der auf der Brücke fahrende Stabeisen-Verladelaufkran mit 22 m Spannweite und 5,065 m Radstand ermöglicht die Bedienung einer großen Fläche ohne seitliches Verfahren der Verladebrücke. Ein Drehstrommotor von 50,3 PS und 585 Uml./min gibt ihm eine Fahrgeschwindigkeit von 97,5 m/min. Die auf dem Obergurt des Kranes fahrende Laufkatze ist als Drehlaufkatze ausgebildet, so daß das Verladegut auch aus beliebiger nicht zum Kran paralleler Lage aufgehoben werden kann. Sie hat 53 m/min Fahrgeschwindigkeit, die durch einen 15 PS-Motor von 720 Uml./min erzielt wird. Der gleichartige Drehwerkmotor ermöglicht 2,7 Uml./min der Katze.

Das Hubwerk besteht aus zwei vollständig voneinander getrennten Windwerken. Die beiden 50 PS-Hubmotoren können durch Steuerwalzen je nach Bedarf einzeln oder gemeinsam gesteuert werden. Hierdurch ist es möglich, besonders sperrige Lasten, die an Länge die Ladeluken übertreffen, durch Schrägstellen in den Laderaum zu bringen. Der Hub ist in der höchstzulässigen Hakenstellung durch Endausschalter begrenzt. Für sämtliche Bewegungen sind elektromagnetische Bremsen vorgesehen.

Die Brücke hat 10 t Tragfähigkeit und ist zum Betrieb mit Lastbalken und -haken eingerichtet. Später soll sie mit Lasthebemagneten ausgerüstet werden. [M 658]

Abb. 1. Walzeisenverladebrücke auf dem Lagerplatz der Rheinischen Stahlwerke, Duisburg-Meiderich, erbaut von der Demag.

Zweckmäßigste Ausrüstung der Güterverkehrsmittel der Eisenbahn.

Von Dir. Simon-Thomas, Utrecht.

Eine Frage technisch-wirtschaftlicher Art, deren Lösung hauptsächlich vom Verkehrtreibenden beherrscht wird.

Bei der Behandlung der Frage nach der zweckmäßigsten Ausrüstung der Güterverkehrsmittel unter besonderer Berücksichtigung des Umschlagverkehrs darf niemals vergessen werden, daß es unmöglich ist, einen Eisenbahnbetrieb neu aufzubauen. Es handelt sich im Gegenteil um den Betrieb einer vorhandenen Eisenbahn, der mit den bestehenden Anlagen so billig wie möglich durchgeführt werden soll. Daher darf man behaupten, daß die größte Lastförderung mit der kleinsten Anzahl Wagen das Wirtschaftlichste ist, wenn man dazu Lokomotiven, Brücken, Oberbau, Entlade- und Beladeeinrichtungen braucht, die die heutigen Verhältnisse nicht zulassen. Man muß hingegen versuchen, ohne große Neuausgaben billig zu wirtschaften, aber man darf auch nicht am Alten kleben; im Gegenteil, man soll bestrebt sein, mit dem Neuen und Besseren Beifall zu finden, und dafür Sorge zu tragen, daß unsre Betriebsverhältnisse und Betriebsleistungen den Ansprüchen der Verkehrtreibenden voll entsprechen.

Unter diesen Voraussetzungen sei der Güterwagen in erster Linie im Umschlagverkehr von Eisenbahn auf Schiff und umgekehrt betrachtet. Der übrige Umschlagverkehr von Eisenbahn auf Eisenbahn, von Eisenbahn auf Kraftwagen, von Eisenbahn auf Landfuhrwerk usw. ist dem Wasserumschlagverkehr gegenüber wohl noch von so untergeordneter Bedeutung, daß man bei unsern Betrachtungen nicht darauf einzugehen braucht. Weiter sollen hier alle Sonderwagen, wie Kühlwagen, Bananenwagen, Fischwagen, die Viehwagen und die offenen Plattformwagen außer acht gelassen werden. Die ersten, weil sie doch meist Privatwagen sind, die andern, weil sie teils für den Umschlagverkehr weniger in Frage kommen, teils im Verhältnis zu den übrigen Wagen nur in geringer Zahl vorhanden sind. Man wird sich also beschränken können auf den geschlossenen und den offenen Güterwagen bekannter Art.

Es besteht ein Unterschied im Umschlagverkehr der verschiedenen Häfen, z. B. in Duisburg-Ruhrort, in Köln, in Hamburg, in den Rhein-Herne-Kanalhäfen und in jeder weiteren Stadt oder Gemeinde, wo ein Hafen mit Eisenbahnanschluß im Betrieb ist. Selbst der Umschlagverkehr in den privaten Rhein- und Kanalhäfen im Ruhrgebiet ist an ganz andre Umstände gebunden wie der Umschlagverkehr in Duisburg-Ruhrort. Das Güterverkehrsmittel, das für den einen Hafenbetrieb am zweckmäßigsten ist, ist ohne weiteres noch nicht das beste Verkehrsmittel für irgendeinen andern Hafenbetrieb.

Ferner sei hier weiter als leitender Grundsatz bei der Betriebführung der Eisenbahn der von Laubenheimer geprägte Gedanke angeführt: „mit einer Mindestzahl von Fahrzeugen bei ihrer höchst gesteigerten Ausnutzung und mit einer Mindestzahl von Personal die größtmöglichen Leistungen zu erzielen". Das bedeutet: „die größtmögliche Herabminderung der Selbstkosten"[1]).

Um die größtmögliche Herabminderung der Selbstkosten zu erreichen, muß man aber erst wissen, wie diese Kosten im einzelnen entstehen, auch wo die Herabminderung verwirklicht werden kann.

Man kann nun annehmen, daß der übliche geschlossene 15 t-Güterwagen und der offene 20 t-Güterwagen durchschnittlich 1800 Gulden[2]) kosten. Das Anlagekapital soll zu 5 vH verzinst werden, und außerdem soll für Tilgung 2½ vH jährlich zurückgelegt werden. Das macht zusammen 7½ vH oder 135 Gulden je Wagen und Jahr. Die gesamten Ausgaben für Wagenausbesserung, geteilt durch die Zahl der vorhandenen Wagen, mögen einen Betrag je Wagen und Jahr von durchschnittlich 117 Gulden ergeben. Der Wagenausbesserungbestand mache 8 vH aus, so daß jeder Wagen durchschnittlich 29 Tage im Jahr in den Werkstätten verweilt. Berücksichtigt man weiter, daß an Sonn- und Festtagen der Güterverkehr im allgemeinen ruht, dann ist der Güterwagen nur an 280 Tagen im Jahre zur nützlichen Arbeit verwendbar. Diese notwendigen Ausgaben, zusammen $135 + 117 = 252$ Gulden je Wagen und Jahr, gehören zu den Selbstkosten und sollen in den 280 Tagen, in denen über den Wagen verfügt werden kann, auch noch herausgewirtschaftet werden. Das macht also für den Wagen und Tag schon 90 Cent aus. Das heißt aber auch, daß jeder Wagen, der irgendwo auf einem Gleis einen Tag nutzlos herumsteht, für die Eisenbahn schon 90 Cent kostet. Das ist wohl der beste Beweis dafür, daß der Wagen rollen soll und nicht nur rollen, sondern beladen rollen soll. Wenn der Wagen läuft, kostet er diese 90 Cent auch, aber wenn er leer läuft, so muß man außerdem die Leerlaufschleppkosten bezahlen, die man etwa für Leerwagen auf 14 Cent/Wagenkm veranschlagen kann. All diese Kosten zusammen können nur beim Vollauf wettgemacht werden. Das sind teils feste Kosten, teils mit der kilometrischen Entfernung veränderliche Ausgaben.

Daher sind auch die Mehrkosten für das Kilometer auf kleine Entfernungen begreiflich und so wird auch die Vollausnutzung des Ladegewichtes als eine Staffelungsziffer gelten können. Aber an erster Stelle sollen diese festen Kosten und die Leerlaufkosten beim Vollauf voll berücksichtigt werden. Das Fahren von Leerwagen ist also außerordentlich kostspielig und unwirtschaftlich und soll mit allen möglichen Mitteln vermieden werden.

Hieraus folgt sofort, daß jede Wagenart, die nur unter besonderen Bedingungen und für bestimmte Güter anwendbar ist, und bei der deshalb vielfach große Entfernungen im Leerlauf gefahren werden müssen, von vornherein für die Eisenbahn als unwirtschaftlich zu betrachten ist. Aber es folgt hieraus außerdem, daß ein Pendelbetrieb ohne Rückfracht, wie schön es auch scheinen mag, nur wirtschaftlich sein kann auf sehr kurze Entfernungen und dann nur, wenn der ganze Zug für einen und denselben Empfänger bestimmt ist.

Früher sollten die aus dem Ausland eintreffenden beladenen Wagen nach Entladung sofort leer der Eigentumsbahnverwaltung zurückgeschickt werden; soweit möglich, durfte der Wagen beladen mit für das Heimatland oder darüber hinaus bestimmten Gütern zurückgesandt werden. Im vorigen Jahre wurden diese Bestimmungen des Vereinswagen-Übereinkommens und des Übereinkommens für gegenseitige Benutzung von Güterwagen im internationalen Verkehr geändert. Bis dahin wurden die Leerlaufkosten nicht genügend berücksichtigt. Nun dürfen die Wagen über einen beliebigen Weg wieder beladen werden:

a) nach Bahnhöfen der Heimatbahn;

b) nach Bahnhöfen jenseits der Heimatbahn, wenn eine Strecke dieser Bahn durchlaufen wird;

c) nach andern Bahnhöfen, wenn der Wagen dadurch der Heimat nähergebracht wird.

Diese letzte Bestimmung schafft uns die Gelegenheit, an Leerläufen beträchtlich zu sparen. Aus demselben Grund ist es als unwirtschaftlich zu bezeichnen, die vom Ruhrgebiet nach Berlin oder Leipzig beladenen Wagen nach Entladung im Pendelbetrieb dem Versandgebiet unbedingt leer wieder zuzuführen. Diese Wagen werden wirtschaftlicher benutzt werden können in beladener Fahrt von der Entladestelle oder einem andern Bahnhof nach Bahnhöfen, die dem Hauptversandgebiete näher liegen. Mittlerweile können Bahnhöfe, die mehr in der Nähe des Versandgebietes liegen, beauftragt werden, die bei ihnen freigewordenen Wagen diesem Gebiete zuzuleiten, oder: Leipzig kann die Leerwagen dem Braunkohlengebiete bei Halle zuführen, während die von dort z. B. nach Kassel beladenen Wagen leer dem Ruhrgebiet zugewiesen werden können.

[1]) Vergl. Sonderheft der VDI-Zeitschrift „Eisenbahnwesen" 1925 S. 73.
[2]) 1 holl. Gulden = 1,68 RM.

Abb. 1. Großkübelwagen.

Während des Krieges hat eine der holländischen Eisenbahngesellschaften einen Teil ihrer offenen Wagen mit besonderen Merkzeichen versehen, damit die Zechen im Süden des Landes ihre Wagen sichergestellt bekamen; denn diese der Kohlenbeförderung besonders vorbehaltenen Wagen sollten nach Entladung unbedingt sofort, ohne weiteren Auftrag, in das Zechengebiet leer zurückgeschickt werden. Mit diesen Merkzeichen zu arbeiten, zeigte sich nachher als außerordentlich teuer, sie sind seitdem wieder verschwunden.

Es ist einleuchtend, daß die wirtschaftliche Wagenbenutzung an die Wagenverteilungsstellen ungemein schwere Forderungen stellt, aber die h ö c h s t e Ö k o n o m i e des Eisenbahnbetriebes soll Grundsatz sein! Daher ist auch die Arbeit dieser Wagenverteilungsstellen so ganz besonders wichtig. Diese Verteilstellen sind die reinsten Wagenbörsen, und je mehr die dort arbeitenden Beamten die Entfernungen zwischen den verschiedenen Stationen auswendig wissen, um so mehr wird es ihnen gelingen, die Wagen über die kürzesten Entfernungen leer zu schleppen.

Es ist auch von Wichtigkeit, daß der Wagen, der im Umschlagverkehr an einer Kaizunge entladen ist, sofort dem Nachbar an derselben Kaizunge für den Versand zur Verwendung überwiesen werden kann, und das ist eben mit Wagen besonderer Bauart meistens nicht der Fall. Ich will damit nicht sagen, daß diese Wagen in allen Fällen unwirtschaftlich sind. Ich bin im Gegenteil der Meinung, daß diese Wagen als Privatwagen manchmal sehr vorteilhaft sein können. Denken wir nur an die bedeutenden Umschlagstellen der Privathafenanlagen am Rhein und am Rhein-Herne-Kanal, wo die Massengüter von den Zechen und Werkstätten in Privatwagen auf Privatgleisen den Häfen zugeführt werden. Da sind Leerläufe unvermeidlich, und da werden Wagen mit größten Traggewichten, im Pendelbetrieb verkehrend, ganz besonders geeignet sein.

An den Kanalhäfen werden diese Großgüterwagen aber wieder von andrer Bauart sein müssen als an den offenen Rheinhäfen und an den Meereshäfen, wo mit sehr verschiedenen Wasserhöhen zu rechnen ist. In diesen Häfen werden zum Kohlenumschlag z. B. Großkübelwagen sehr geeignet sein, Abb. 1 und 2, weil man die Kübel unabhängig vom Wasserstande bis in die Schiffsräume hinab senken kann. Die Hebezeuge der Hafenausrüstung sollen selbstverständlich auf das Arbeiten mit diesen Verkehrsmitteln eingerichtet und damit in Einklang gebracht sein. Ganz anders steht es wieder bei den für den öffentlichen Verkehr dienenden Häfen, wie in Duisburg-Ruhrort, obwohl auch da der leere Rücklauf der Wagen fast unvermeidlich ist. Aber die Kohlen kommen hier von mehreren, verschiedenen Zechen, die heute ihren Absatz verkaufen für Umschlag über Duisburg-Ruhrort und morgen für Versand nach dem Inlande. Der Kohlenumschlag findet in Duisburg-Ruhrort Kipper von bedeutender Leistungsfähigkeit vor. Man hat hier eine unbedingt musterhafte Kipperanlage geschaffen; aber die Kipper sind nur über Drehscheiben zugänglich. Und diese Kipper und Drehscheiben sind nur verwendbar für die jetzt noch üblichen Kohlenwagen. Man hat auf die maschinelle Einrichtung und Bewegung dieser Kipper und Drehscheiben großen Wert gelegt, doch sind manchmal die Zeitverluste durch das Verholen der Schiffe nicht viel bedeutender? Soll nun diese leistungsfähige Umschlageinrichtung mit hohen Kosten umgebaut und auf den Umschlagverkehr mit Großgüterwagen abgestimmt werden, und werden diese Wagen wirklich im Pendelbetrieb wirtschaftlich verkehren können? Ist man immer sicher, daß die Zeche, die diese Wagen leer zurückbekommt, wiederum ihre Kohlen mit Umschlag in Duisburg-Ruhrort verkauft hat, oder gehen diesmal die Kohlen nach dem Inland, wo die Wagen besonderer Bauart keine Verwendung finden können und Leerläufe auf große

Abb. 2. Der Kübel nach dem Entleeren.

Abb. 3. Fahrbarer Kipper

Entfernungen unvermeidlich sind? Und wie würde die Umschlageinrichtung gebaut werden müssen?

Manchmal erscheinen in den Zeitschriften wirklich schöne Bilder mit einfachen Lösungen. Aber diese Bilder machen vielfach den Eindruck, im Bureau gezeichnet, statt an der Umschlagstelle photographiert zu sein. Das Eisenbahngleis wird meist nicht so nahe an den Kaikanten liegen, daß ein Gebrauch von Selbstenladern gewährleistet ist, und der Laderaum der Schiffe ist dazu mindestens noch um die Gangbordseite von der Kaikante entfernt. Die Umschlageinrichtung soll für alle vorkommenden Wagen geeignet sein; aber auch die Wagen sollen für die Umschlageinrichtung passend sein. Die Umschlageinrichtung soll dazu bequem und schnell fahrbar sein, damit nicht die Schiffe, sondern nur die Umschlageinrichtungen verholt zu werden brauchen. Die feststehenden Kohlenkipper sind weniger geeignet. Eine vorteilhafte Einrichtung scheint der fahrbare Kohlenkipper, Abb. 3, zu sein; aber auch dieser ist in der Hauptsache an ein und dasselbe Gleis gebunden, d. h. er kann die Leerwagen nur auf demselben Gleis, allerdings auch nach der andern Seite, zurückführen. Außerdem ist die Kipperhöhe festgelegt, was für den Umschlag der Kohlen weniger vorteilhaft ist. Besser geeignet scheint aber die fahrbare Kipperbrücke mit Ausleger, Abb. 4 bis 6. Diese Umschlageinrichtung senkt die Kipperplattform je nach dem Wasserstand; die Kipphöhe wird also zu einem Mindestwert. Die Brücke führt außerdem die Leerwagen freien Rücklaufgleisen zu und gibt die Wagen rollend an diese Gleise ab. Die Leistung entspricht 11 bis 12 Wagenladungen in der Stunde.

Auch in diesem Betriebe scheinen die Großgüterwagen nicht ganz geeignet zu sein. Aber zweiachsige Wagen mit 26 bis 30 t Ladegewicht, bei 4,5 m Radstand und höchstens 10 t Raddruck sind in dieser Beziehung sehr gut verwendbar; sie geben schon beträchtliche Stundenleistungen und sind außerdem für andere Zwecke ebensogut anwendbar.

Auch die geschlossenen Güterwagen sollen für alle Fälle verwendbar sein. Auch hier muß selbstverständlich der Leerlauf bis aufs äußerste eingeschränkt werden, damit dem Grundsatze der wirtschaftlichen Eisenbahnbetriebsführung genügt wird. Wir haben jetzt noch unsern 10-, 12,5- und 15 t-Wagen. Das Ladegewicht dieser

Abb. 4. Kipperbrücke, Gesamtansicht.

Wagen soll für die heutige Zeit zu gering sein. Und doch stellt sich das tatsächliche Gewicht der Ladung vielfach nur als ein bescheidener Teil der verfügbaren 15 Tonnen heraus; nicht etwa, weil das Gut sperrig ist, denn die Wagen sind nur zum Teile gefüllt. Es ist meist sehr schwer, die Wagen voll auszunutzen. Diesem Streben kann dienlich sein ein besonderer Tarif für die Vollausnutzung des entsprechenden Ladegewichtes und anderseits die Forderung eines Mindestgewichtes oder die Berechnung eines Mindestgewichtes, das voll auszunutzen, dem Verfrachter dann wohl ebenfalls sehr rasch erstrebenswert sein würde.

Der Handel fragt bis jetzt nicht nach geschlossenen Wagen großer Tragkraft, obwohl das von der Bahn gewiß mit Freuden begrüßt werden würde, und wo die Nachfrage nach Wagen größerer Tragkraft vereinzelt vorkommt, wird wegen der besonderen Art des Verkehrs der Privatwagen meistens am besten die Ansprüche befriedigen.

Hinsichtlich der zweckmäßigsten Ausrüstung der Güterverkehrsmittel auf der vorhandenen Eisenbahn wird, wenn nur von bahneigenen Wagen die Rede ist, an erster Stelle die Forderung stehen, daß der Wagen äußerst anpaßfähig, also für möglichst viele Zwecke verwendbar ist, damit die Leerläufe auf das kleinste Maß beschränkt werden können. Wegen des großen Leerlaufes der Viehwagen soll der geschlossene Einheitswagen auch für den Viehtransport verwendbar sein, was durch Ausstattung mit reichlichen Lüftöffnungen zu erreichen ist. Weiter soll der Wagen in seinem Bau recht kräftig und dem rauhen Eisenbahnbetrieb voll gewachsen sein. Man soll sich hüten, den Wagen, um andern anscheinend großen Vorteilen zu entsprechen, zu einer feinfühligen und leicht empfindlichen Maschine auszubauen, so daß er mehr in der Werkstatt als im Betrieb ist.

Meiner Meinung nach entsprechen dieser Forderung am besten der zweiachsige, geschlossene Güterwagen mit 15 bis 17,5 t Ladegewicht und der zweiachsige offene Güter-

Abb. 5. Entleeren des Wagens von der Kipperbrücke aus.

Abb. 6. Anziehen der Wagen auf die Kipperbrücke.

wagen, wobei das Ladegewicht bei üblichem Radstand der höchst zulässigen Tragkraft je Achse voll entspricht.

Handelt es sich um Privatwagen, wobei die Leerlaufkosten den Besitzern in Rechnung zu bringen sind, so wird der Großgüterwagen vielfach recht vorteilhaft sein und von der Bahn wohl mit Freude begrüßt werden. Ihre Bauart und Tragkraft wird wohl zu bestimmen sein nach den vorhandenen Beladungs- und Entladungsstellen und nach der Art der Güter, die in Frage kommen.

Meines Erachtens soll die Eisenbahn diesen Verkehr mit Großgüterwagen zu fördern suchen. Besondere Tarife für den Versand voll ausgenutzter Großgüterwagen, in Sonderzügen zusammengestellt, werden hierzu Gelegenheit bieten. Wohl müssen auch hier die Leerlaufkosten voll berücksichtigt werden, aber in der Selbstkostenrechnung fehlen bei der Eisenbahn die Kapitalverzinsungskosten, die Tilgungskosten und die Ausbesserkosten, die von den Besitzern der Wagen getragen werden.

Noch vorteilhafter wird es, wenn solche Sonderzüge als geschlossene Fernzüge der Eisenbahn übergeben werden. Dann fallen für die Eisenbahn auch die Verschiebekosten der Zwischenbahnhöfe aus. Je größer die Transportentfernung ist und je mehr solcher Verschiebekosten fortfallen, desto billiger kann im Verhältnis die Beförderung sein. Danach zu streben soll eine Aufgabe sein für die Zusammenarbeit zwischen Verkehrtreibenden und Eisenbahn. [B 730]

Selbsttätige Windschutzbremse für fahrbare Verladebrücken und Krane[1].

Bei Verladebrücken und andern fahrbaren Kranen sind schon öfters größere Unfälle durch unbeabsichtigtes Fahren infolge starken Winddruckes hervorgerufen worden. Derartige Unfälle kommen hauptsächlich bei Verladebrücken in Hafenanlagen vor, wo eine nicht sachgemäß festgestellte Brücke durch Sturm ins Rollen kommt, über eine Kaimauer stürzt oder mit einem Gebäude oder sonstigem Gegenstand zusammenstößt.

[1] Aus dem Bericht des „Ausschusses f. wirtschaftl. Fertigung" (AWF), Berlin NW 7, über die Hebe- und Fördermittel auf der Deutschen Verkehrsausstellung in München.

Abb. 1 bis 3. Anordnung der Windschutzbremse auf dem Radgestell einer Verladebrücke.

a Brückenstütze *b* einstellbares Radgestell *c* Laufrad *d* Antriebrad der Bremse, auf der Nabe von *c* aufgekeilt *e* Scheibe, am Bremshebel *f* angeordnet und in die Lücken von *d* eingreifend *g* Klinke des Bremshebels, in das Sperrad *h* eingreifend, das auf der Welle *i* sitzt *k* Stirnrädergetriebe *l* Spindel mit Rechts- und Linksgewinde *m* Windenmuttern, an denen die Zangenhebel *n* gelenkig angreifen *o* Drehpunkte der Zangenhebel *p* Bremsbacken *q* Bremslüftmagnet *r* Handrad für Handbremsung *s* Stirnrädergetriebe *t* Kurbelschalter, als Stromunterbrecher wirkend.

Abb. 4. Anordnung eines besonderen Bremswagens, der gelenkig an ein Radgestell angeschlossen wird.

Um derartige Unfälle zu verhindern, hat die Maschinenfabrik Eßlingen, Eßlingen a. N., eine selbsttätige Windschutzbremse eingebaut, durch die das unbeabsichtigte Fahren einer Verladebrücke durch Winddruck mit voller Sicherheit vermieden wird. Die Bremse wird an den Radgestellen der Brücke angeordnet, wird durch das Drehen eines Laufrades betätigt und stellt die zu rollen beginnende Verladebrücke nach Zurücklegen eines kleinen Fahrweges fest.

Die Windschutzbremse ist bereits in mehreren Verladebrücken, darunter einer von 8 t Tragkraft und 150 m Brückenlänge im Rheinhafen Mannheim-Rheinau, eingebaut und hat sich bewährt.

Abb. 1 bis 3 zeigen den Einbau der Windschutzbremse und erläutern ihre Arbeitsweise. Beginnt die Brücke zu rollen, so dreht sich das Laufrad *c* und mit ihm das auf der Laufradnabe aufgekeilte Rad *d*, das die Scheibe *e* und damit den Hebel *f* fortlaufend hebt und senkt. Durch diese Bewegung und mittels der Klinke *g* wird das Sperrad *h* und dessen Welle *i* gedreht. Diese Drehbewegung wird durch ein Stirnrädergetriebe *k* auf eine Spindel *l* mit Rechts- und Linksgewinde übertragen. Beim Drehen der Spindel vergrößern die Windenmuttern *m* ihren Abstand, und die gelenkig an ihnen angreifenden Zangenhebel *n*, die bei *o* drehbar sind, drücken die Backen *p* so lange gegen die Schiene, bis die Brücke festgestellt ist. Dieser Bremsvorgang geht wegen der großen stillzusetzenden Massen allmählich vor sich.

Da die Windschutzbremse nur bei unbeabsichtigter Fahrbewegung wirken darf, so muß sie, wenn die Brücke betriebsmäßig fahren soll, ausgeschaltet sein. Zu diesem Zweck ist der Hebel *f* an einen Bremslüftmagneten *q* angeschlossen, der bei Einschalten des Kranfahrmotors ebenfalls Strom erhält und den Hebel *f* mit der Scheibe *e* anhebt. Das Rad *d* läuft nunmehr ohne Wirkung auf die Windschutzbremse.

Damit der Kranfahrmotor bei angezogener Bremse nicht eingeschaltet werden kann, ist noch ein Kurbelschalter *t* vorgesehen, der den Motorstrom so lange unterbricht, als die Bremse angezogen ist. Vor Einleiten einer Fahrbewegung muß daher die Bremse von Hand gelüftet werden, was mit Hilfe des Handrades *r* und des Stirnrädervorgeleges *s* geschieht. Durch dieses Handrad kann die Schienenzange auch von Hand angezogen werden, was täglich mindestens einmal geschieht. Da ein selbsttätiges Bremsen nur selten in Frage kommt, so ist durch den noch hinzukommenden Handantrieb ein Verrosten der Einzelteile ausgeschlossen und ein sicheres Wirken der Bremse im Gefahrfalle gewährleistet.

Die Windschutzbremse ist mindestens an zwei gegenüberliegenden Radgestellen anzuordnen. Bei größeren Verladebrücken sind vier Windschutzbremsen erforderlich.

Die Bremse wird entweder nach Abb. 1 bis 3 eingebaut, oder es wird ein besonderer einrädiger Bremswagen, Abb. 4, gelenkig an das Radgestell angeschlossen. Das die Bremse betätigende Antriebrad wird dann auf der Nabe des Bremswagen-Laufrades aufgekeilt. Diese Anordnung ermöglicht es, die Windschutzbremse an jede vorhandene Verladebrücke nachträglich anzubauen.

[M 883] Hänchen.

Wirtschaftliche Grundlagen der Lagerung und Stapelung.

Von Prof. H. Aumund, Berlin.

Übersicht über die beim Lagern und Stapeln zu beobachtenden Gesichtspunkte. Allgemeine Regeln für die Bemessung der Abschreibung und Verzinsung bei verschiedenen jährlichen Benutzungszeiten. Kosten der für die Beförderung auf das Lager hauptsächlich in Betracht kommenden Förderarten und Anhaltpunkte für die Auswahl der Förderer nach Förderart und Leistung. Schließlich werden Einfluß der Kosten für das Aufnehmen und Abladen von Massengut und der übrigen beim Lagern und Stapeln in Betracht kommenden Unkosten erörtert.

Die Zahl der verschiedenen für das Lagern und Stapeln in Betracht kommenden Materialarten ist so groß, die örtlichen und wirtschaftlichen Verhältnisse, die im Einzelfall den Ausschlag für eine besondere Gestaltung der Lager- und Stapelanlage geben können, sind so mannigfaltig, daß es unmöglich erscheint, durch Beschreibung von Einzelheiten einen Anhalt für die zweckmäßige Lösung der verschiedenen Aufgaben zu bieten. Sucht man nach Grundlagen von allgemeinerer Gültigkeit, so ist die erste Frage: Wie können die Kosten auf das geringste Maß herabgedrückt werden?

Der erste und beste Weg zu diesem Ziel ist, die Lagerung oder Stapelung nach Möglichkeit zu vermeiden, und zwar aus folgenden Gründen:

a) Kosten des Lagerraumes,
b) Zinsverlust für das ruhende Lagergut,
c) Wertverminderung des Lagergutes durch das wiederholte Umladen,
d) Wertverminderung des Lagergutes durch das Lagern,
e) Kosten des wiederholten Aufnehmens des Lagergutes.

Der zweite Weg, die Kosten auf das geringste Maß herabzudrücken, ist der, die Fördervorrichtungen für den gegebenen Fall möglichst zweckmäßig zu wählen. Abgesehen von der schon unter c) erwähnten Wertverminderung durch das Umladen kommen als Förderkosten in Frage:

1. die Kosten für das Heranbringen des Lagergutes durch ein Fernfördermittel,
2. die Kosten für das Abladen und Aufnehmen,
3. die Kosten für die eigentliche Beförderung auf das Lager durch die verschiedenen Nahfördermittel.

Eine sachliche Würdigung dieser verschiedenen Gesichtspunkte wird vor wirtschaftlichen Fehlern schützen, die leicht möglich sind, wenn man das eine oder das andre Moment nicht in Betracht zieht.

Die Untersuchung soll hier hauptsächlich auf die unter 3. erwähnte eigentliche Beförderung auf das Lager durch die verschiedenen Nahfördermittel gerichtet werden. Die übrigen oben angeführten Punkte sollen im Anschluß daran nur kurz so weit erwähnt werden, daß ein Überblick über die ihnen zukommende Bedeutung möglich ist.

Wirtschaftlichkeit der Nahfördermittel.

Die Wahl des Fördermittels zur Beförderung des Lagergutes auf das Lager ist in gewissem Grad abhängig von der Art des Lagergutes und von den örtlichen Verhältnissen. Abgesehen von dieser Beschränkung können aber fast alle Nahfördermittel für die Beförderung auf das Lager benutzt werden. Daher ist die Wahl in vielen Fällen nicht leicht. Beim Vergleich muß man nicht nur den für den Betrieb erforderlichen Arbeitsverbrauch, umfassend die Ausgaben für den mechanischen Antrieb und für Arbeitslöhne, sowie die Höhe der Anlagekosten, ihre Verzinsung und Tilgung bei irgend einer angenommenen Leistung berücksichtigen, sondern man muß auch gleichzeitig die zweckmäßigste Leistung feststellen, d. h. feststellen, ob es zur Beförderung von täglich 200 t zweckmäßig ist, 10 Stunden mit 20 t Stundenleistung zu arbeiten oder z. B. 4 Stunden mit 50 t Stundenleistung. Die richtige Wahl ist schwer nach Gutdünken zu treffen. Sie ist aber verhältnismäßig leicht, wenn man für die verschiedenen Förderarten die Kosten für verschiedene Fördermengen und Förderlängen kennt.

Die Kosten für die hauptsächlich in Frage kommenden Fördermittel bestehen 1. aus der Abschreibung und der Verzinsung des Anlagekapitals, 2. aus den Kosten für den Arbeitsverbrauch, umfassend Energieverbrauch für den maschinellen Antrieb und die Löhne für die Arbeiter, 3. aus den Unterhaltungskosten. Alle diese einzelnen Faktoren sind in letzter Zeit starken Veränderungen unterworfen gewesen. Diese Veränderungen beeinflussen aber mehr die absolute Höhe der Förderkosten, weniger die Wahl der Förderart, um so weniger als die Anlagekosten meistens in gewisser Abhängigkeit von den allgemeinen Lohnkosten stehen. Allenfalls könnten die augenblicklichen hohen Zinssätze einen geringen Einfluß haben.

Wenn man die Posten, aus denen sich die Gesamtkosten zusammensetzen, einzeln anführt, so ist in jedem Einzelfalle leicht eine Umrechnung nach den jeweiligen Arbeitskosten und Zinssätzen möglich, zum Vergleich aber meistens nicht nötig. Aus diesen Gründen und da die augenblicklichen Zinssätze, die Höhe der Anlagekosten und die Lohnsätze doch kaum längere Zeit bestehen bleiben, sind die Berechnungen auf Grund der stabileren Vorkriegsätze ausgeführt, mit denen ein Vergleich am besten durchzuführen ist.

Verzinsung und Abschreibung.

Die Stromkosten sind mit 10 ₰/kWh angenommen, die Löhne für Maschinisten mit 50 ₰/h und die für Hilfsarbeiter mit 40 ₰/h. Die Unterhaltungskosten sind bei 3000 Betriebstunden im Jahre durchweg mit 2 vH der Anlagekosten angenommen, abgesehen von dem Ersatz einzelner besonders schnell verschleißender Teile, wie z. B. der Gurte der Gurtförderer.

Arbeitsverbrauch und Unterhaltungskosten können für die einzelne Arbeitstunde berechnet werden und sind unabhängig von der jährlichen Betriebstundenzahl. Dagegen erscheint es notwendig, die Abschreibung des Anlagekapi-

M/h — M — Kosten für Verzinsung und Abschreibung — Anlagewert — jährliche Betriebstunden — RZ 981 2 1

Abb. 1. Schaulinien für Verzinsung und Abschreibung bei veränderlicher Betriebdauer.

Förderlänge m	Kostenart	1 Schiebkarren auf Bohlen für t/h 2	5	10	2 Handkippwagen für t/h 2	5	10	25	3 Hängebahnen mit Handbetrieb für t/h 2	5	10	25	50
15	A	350	350	350	300	300	300	300	350	350	350	350	350
	Z	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2
	K	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	S	43	43	43	42	42	42	42	43	43	43	43	43
	s	**1430**	**575**	**287**	**1400**	**560**	**280**	**112**	**1430**	**587**	**287**	**115**	**59**
	S_1	44	44	44	43	43	43	43	45	45	45	45	45
	s_1	**1470**	**588**	**294**	**1430**	**575**	**287**	**115**	**1500**	**600**	**300**	**120**	**60**
25	A	400	400	500	320	320	320	320	450	450	450	450	550
	Z	2	2	3	1	1	1	1	2	2	2	2	2
	K	40	40	50	40	40	40	40	40	40	40	40	50
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	S	43	43	54	42	42	42	42	43	43	43	43	53
	s	**860**	**344**	**216**	**840**	**335**	**168**	**67**	**860**	**344**	**172**	**69**	**43**
	S_1	44	44	56	43	43	43	43	45	45	45	48	65
	s_1	**880**	**352**	**224**	**860**	**344**	**172**	**69**	**900**	**360**	**85**	**72**	**46**
50	A	600	650	1000	420	420	420	600	700	700	700	750	750
	Z	3	3	4	2	2	2	3	3	3	3	3	5
	K	40	50	80	40	40	40	67	40	40	40	50	100
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	S	44	54	85	43	43	43	71	44	44	44	54	106
	s	**440**	**246**	**170**	**430**	**172**	**86**	**57**	**440**	**106**	**88**	**44**	**43**
	S_1	46	57	90	45	45	45	74	47	47	47	57	115
	s_1	**460**	**228**	**180**	**450**	**180**	**90**	**59**	**470**	**188**	**94**	**46**	**46**
100	A	1000	1400	2000	620	620	710	1200	1200	1200	1200	1475	2800
	Z	4	6	8	3	3	4	5	5	5	5	6	12
	K	40	100	200	40	40	54	134	40	40	40	100	200
	U	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	S	45	107	210	44	44	59	140	46	46	46	107	214
	s	**225**	**214**	**210**	**220**	**88**	**59**	**56**	**250**	**92**	**46**	**43**	**43**
	S_1	50	114	220	47	47	62	146	52	52	52	114	228
	s_1	**250**	**228**	**220**	**235**	**84**	**62**	**58**	**260**	**104**	**52**	**46**	**46**
200	A	2000	2300	4000	1020	1110	1420	2400	2200	2200	2400	2950	5900
	Z	8	9	17	4	5	6	10	9	9	10	12	25
	K	80	160	300	40	53	108	270	40	50	80	200	400
	U	2	2	3	1	1	1	2	2	2	2	2	4
	S	90	171	320	45	59	115	282	51	61	92	214	429
	s	**225**	**171**	**160**	**113**	**59**	**58**	**56**	**128**	**61**	**46**	**43**	**43**
	S_1	110	183	339	50	64	123	294	62	72	114	229	459
	s_1	**275**	**183**	**170**	**125**	**64**	**62**	**59**	**144**	**72**	**52**	**46**	**46**

Förderlänge m	Kostenart	4 Hängebahnen mit Seilbetrieb für t/h 5	10	25	50	100	5 Elektrohängebahnen für t/h 2	5	10	25	50	100
15	A						1300	1300	1300	1300	1300	1300
	Z						5	5	5	5	5	5
	K						51	51	51	51	92	93
	U						1	1	1	1	1	1
	S						57	57	57	57	98	99
	s						**1900**	**760**	**380**	**152**	**131**	**66**
	S_1						63	63	63	63	104	105
	s_1						**2100**	**840**	**420**	**168**	**139**	**70**
25	A						1500	1500	1500	1500	1500	2100
	Z						6	6	6	6	6	9
	K						51	51	52	52	92	95
	U						1	1	1	1	1	2
	S						58	58	59	59	99	106
	s						**1160**	**464**	**236**	**95**	**80**	**43**
	S_1						66	66	67	67	107	116
	s_1						**1320**	**528**	**268**	**107**	**86**	**47**
50	A	5300	5300	5300	5800	6300	1900	1900	1900	1900	2200	4000
	Z	22	22	22	24	26	8	8	8	8	9	17
	K	42	42	43	83	124	51	52	53	54	94	97
	U	4	4	4	4	4	1	1	1	1	2	3
	S	68	68	69	111	154	60	61	62	63	105	117
	s	**272**	**136**	**56**	**45**	**31**	**600**	**244**	**124**	**51**	**42**	**23**
	S_1	94	94	95	139	185	69	70	71	72	116	136
	s_1	**376**	**198**	**76**	**56**	**37**	**690**	**280**	**142**	**58**	**47**	**28**
100	A	5800	5800	5800	6600	7500	3000	3000	3000	3500	5900	9000
	Z	24	24	24	28	32	12	12	12	14	24	37
	K	42	43	46	88	133	51	52	53	54	97	104
	U	4	4	4	5	5	2	2	2	3	4	6
	S	70	71	74	111	170	65	66	67	71	125	147
	s	**140**	**71**	**30**	**23**	**17**	**325**	**132**	**67**	**29**	**25**	**15**
	S_1	98	99	102	143	207	80	81	82	87	155	187
	s_1	**196**	**99**	**41**	**29**	**21**	**400**	**162**	**82**	**35**	**31**	**19**
200	A	7100	7100	7600	8900	10600	5000	5000	5000	9200	12600	18300
	Z	30	30	33	36	43	21	21	21	38	52	80
	K	43	44	48	91	140	52	53	54	57	104	118
	U	5	5	5	6	7	4	4	4	6	8	12
	S	78	79	86	133	190	77	78	79	101	164	210
	s	**78**	**40**	**18**	**14**	**10**	**193**	**78**	**40**	**21**	**17**	**11**
	S_1	115	116	124	175	239	132	133	134	145	228	303
	s_1	**116**	**58**	**25**	**18**	**12**	**330**	**133**	**67**	**29**	**23**	**16**
500	A	11000	11300	12800	15400	20000	11000	11000	15000	26300	33000	45000
	Z	46	47	53	65	80	45	45	62	92	132	190
	K	46	50	60	108	170	53	55	57	67	125	160
	U	7	8	9	10	13	7	7	10	17	22	30
	S	99	105	122	183	263	105	107	129	176	279	380
	s	**40**	**21**	**10**	**7,3**	**5,1**	**105**	**43**	**26**	**14**	**12**	**7,6**
	S_1	153	160	187	280	363	159	161	205	306	439	590
	s_1	**62**	**32**	**15**	**11**	**7,3**	**159**	**65**	**41**	**25**	**18**	**12**
1000	A	17300	18600	21200	26400	35400						
	Z	76	79	82	92	146						
	K	48	60	80	134	220						
	U	12	12	13	17	24						
	S	136	151	175	243	390						
	s	**28**	**16**	**7**	**4,9**	**3,9**						
	S_1	222	245	279	273	460						
	s_1	**45**	**25**	**12**	**7,5**	**4,6**						

Förderlänge m	Kostenart	6 Seilschwebebahnen für t/h 5	10	25	50	100	7 Selbsttätige Bahn für t/h 25	50	100
15	A						2600	2600	2800
	Z						11	11	12
	K						40	40	40
	U						2	2	2
	S						53	53	54
	s						**142**	**71**	**36**
	S_1						66	66	68
	s_1						**176**	**88**	**45**
25	A						2700	2700	2900
	Z						11	11	12
	K						40	40	40
	U						2	2	2
	S						53	53	54
	s						**85**	**43**	**22**
	S_1						66	66	68
	s_1						**105**	**53**	**27**
50	A						2200	2900	3200
	Z						12	12	13
	K						40	40	40
	U						2	2	3
	S						54	54	56
	s						**43**	**22**	**12**
	S_1						68	68	71
	s_1						**55**	**27**	**14**
100	A						3300	3300	3500
	Z						13	13	14
	K						40	40	40
	U						3	3	3
	S						56	56	57
	s						**23**	**11**	**5,7**
	S_1						72	72	73
	s_1						**30**	**25**	**7,3**
200	A	9000	10500	13000	19000	22000	4150	4150	4350
	Z	38	44	54	79	88	17	17	18
	K	80	80	85	130	170	40	40	40
	U	6	7	9	13	14	3	3	3
	S	124	131	148	222	272	60	60	61
	s	**124**	**66**	**38**	**23**	**14**	**12**	**6**	**3**
	S_1	168	182	241	318	397	79	79	82
	s_1	**168**	**91**	**43**	**32**	**20**	**16**	**8**	**4,1**
500	A	12500	14000	17500	24000	30000			
	Z	54	58	75	96	120			
	K	82	84	90	140	190			
	U	6	10	12	16	20			
	S	144	152	177	252	330			
	s	**53**	**31**	**14**	**11**	**6,6**			
	S_1	207	224	267	372	480			
	s_1	**83**	**45**	**22**	**15**	**9,6**			
1000	A	18000	20000	25000	32500	43000			
	Z	78	80	100	130	180			
	K	86	90	95	160	230			
	U	12	13	16	21	28			
	S	176	138	211	311	438			
	s	**35**	**19**	**8,5**	**6,2**	**4,4**			
	S_1	268	285	336	471	638			
	s_1	**54**	**29**	**14**	**9,5**	**6,4**			

Zahlentafel 1. Zahlenmäßiger Vergleich der Förderkosten bei verschiedenen Förderarten und verschiedenen Leistungen.

A = Anlagekosten in ℳ für 10 Jahre.
Z = Abschreibung und Verzinsung in ₰/h bei 3000 jährl. Betriebstunden.
K = Arbeitsverbrauch in ₰/h bei 3000 jährl. Betriebstunden.
U = Unterhaltungskosten in ₰/h bei 3000 jährl. Betriebstunden.
S = Gesamtförderkosten in ₰/h bei 3000 jährl. Betriebstunden.
s = Kosten für 1 tkm in ₰/h bei 3000 jährl. Betriebstunden.
S_1 = Gesamtförderkosten in ₰/h bei 1000 jährl. Betriebstunden.
s_1 = Kosten für 1 tkm in ₰ bei 1000 jährl. Betriebstunden.

Bemerkung: Die Förderkosten für 1 tkm sind durch starken Druck kenntlich gemacht.

Förderlänge m	Kostenart	8 Standbahnen mit Motorwagen für t/h 10	25	50	100	9 Standbahnen mit Seilbetrieb für t/h 10	25	50	100	10 Eingleisiger Umlaufförderer für t/h 10	25	50
15	*A*									2000	2000	2800
	Z									8,4	8,4	11,7
	K									1	1	2
	U									1,2	1,2	1,3
	S									11	11	16
	s									**74**	**34**	**22**
	S_1									19	19	28
	s_1									**127**	**51**	**38**
25	*A*	3100	3100	3200	3350					2200	2200	3000
	Z	12	12	13	13					9,2	9,2	12,5
	K	51	52	53	54					1	2	3
	U	2	2	2	2					1,6	1,6	2
	S	65	66	68	69					12	13	18
	s	**260**	**106**	**55**	**28**					**48**	**21**	**15**
	S_1	80	81	83	84					21	22	29
	s_1	**320**	**130**	**66**	**34**					**84**	**34**	**24**
50	*A*	3400	3400	3550	3950	4800	4800	5000	5300	2700	2900	3700
	Z	14	14	14	17	20	20	21	23	11,3	11,1	15,4
	K	52	53	54	56	42	42	84	125	2	3	6
	U	2	2	3	3	3	3	4	4	1,7	2	2,4
	S	68	69	71	76	65	65	108	152	15	16	24
	s	**136**	**55**	**28**	**15**	**130**	**52**	**43**	**31**	**30**	**13**	**10**
	S_1	83	84	87	94	87	87	133	178	26	25	39
	s_1	**166**	**67**	**35**	**19**	**180**	**70**	**53**	**36**	**52**	**20**	**16**
100	*A*	4100	4100	4450	5100	5200	5300	5900	6300	3700	4300	4400
	Z	17	17	18	21	22	23	24	26	15,4	18	19
	K	53	55	59	64	42	44	87	132	2	5	11
	U	3	3	3	4	4	4	4	5	2,5	3	3
	S	73	75	80	89	68	71	115	163	20	26	33
	s	**73**	**30**	**16**	**8,9**	**68**	**29**	**23**	**17**	**20**	**11**	**7**
	S_1	92	94	101	114	94	97	144	194	27	35	44
	s_1	**92**	**38**	**20**	**12**	**94**	**39**	**29**	**20**	**27**	**14**	**9**
200	*A*	5350	5350	6000	7400	6300	6800	7500	8400	5800	6300	6300
	Z	22	22	25	31	26	29	32	35	23	26,3	26,3
	K	56	59	68	78	44	52	94	145	4	9	22
	U	4	4	4	5	5	5	5	6	3,6	4,2	4,2
	S	82	85	97	114	75	86	131	186	31	40	53
	s	**41**	**17**	**9,7**	**5,7**	**38**	**17**	**13**	**9,3**	**16**	**8**	**6**
	S_1	109	109	127	149	106	118	167	224	34	53	66
	s_1	**55**	**22**	**13**	**7,5**	**55**	**24**	**17**	**12**	**17**	**11**	**7**
500	*A*	9300	10200	12800	14300	9300	10600	12300	14900			
	Z	38	41	53	60	39	43	52	63			
	K	65	75	95	120	50	68	116	174			
	U	6	7	9	10	6	7	8	10			
	S	109	123	157	190	95	118	176	247			
	s	**22**	**10**	**6,4**	**3,8**	**19**	**9,5**	**7,8**	**4,9**			
	S_1	153	173	222	163	139	170	237	322			
	s_1	**31**	**14**	**9**	**5,3**	**28**	**14**	**9,5**	**6,5**			
1000	*A*					14400	17000	20400	25500			
	Z					60	75	84	105			
	K					58	93	150	250			
	U					10	11	13	16			
	S					128	179	247	371			
	s					**12,8**	**7,2**	**5**	**3,7**			
	S_1					202	264	359	497			
	s_1					**20**	**10**	**7,2**	**5**			

Förderlänge m	Kostenart	11 Schnecke für t/h 2	5	10	25	50	12 Kratzer für t/h 10	25	50	100
15	*A*	700	1200	1500	1800	2200	2600	3200	3800	5000
	Z	3	5	6	8	9	11	13	16	21
	K	3	5	12	28	50	4	10	18	35
	U	1	1	1	1	2	2	2	3	4
	S	7	11	19	37	61	17	25	37	66
	s	**233**	**146**	**127**	**99**	**81**	**114**	**67**	**49**	**40**
	S_1	10	17	27	45	72	30	40	55	85
	s_1	**333**	**226**	**180**	**120**	**96**	**200**	**107**	**73**	**57**
25	*A*	900	1500	1900	2600	3500	3100	3700	4600	6000
	Z	4	6	8	11	14	12	15	19	25
	K	4	10	18	45	82	8	18	30	57
	U	1	1	1	2	3	2	3	3	4
	S	9	17	27	58	99	22	36	52	86
	s	**180**	**136**	**108**	**93**	**79**	**88**	**58**	**42**	**43**
	S_1	13	23	36	81	115	37	53	75	119
	s_1	**260**	**184**	**144**	**130**	**92**	**148**	**85**	**59**	**48**
50	*A*	1400	2300	2800	4800	7000	4100	5300	6500	9000
	Z	6	9	12	20	30	17	22	27	37
	K	7	20	35	85	160	16	35	60	105
	U	1	2	2	3	5	3	4	5	6
	S	14	31	49	108	195	36	61	92	148
	s	**140**	**124**	**98**	**86**	**78**	**72**	**49**	**37**	**30**
	S_1	21	43	63	130	225	55	87	123	192
	s_1	**210**	**172**	**126**	**104**	**90**	**110**	**70**	**49**	**38**
100	*A*	2400	4000	5000	9200	14000	6400	7200	10300	14500
	Z	10	17	21	38	58	27	31	41	60
	K	14	40	70	170	320	35	70	120	225
	U	2	3	4	6	10	5	5	7	10
	S	26	60	95	214	388	67	106	168	295
	s	**130**	**120**	**95**	**85**	**77**	**67**	**42**	**34**	**30**
	S_1	38	79	120	258	460	98	140	218	370
	s_1	**190**	**160**	**120**	**104**	**92**	**98**	**56**	**44**	**37**
200	*A*									
	Z									
	K									
	U									
	S									
	s									
	S_1									
	s_1									
500	*A*									
	Z									
	K									
	U									
	S									
	s									
	S_1									
	s_1									
1000	*A*									
	Z									
	K									
	U									
	S									
	s									
	S_1									
	s_1									

Förderlänge m	Kostenart	13 Gurtförderer für t/h 10	25	50	100	14 Stahlband für t/h 50	100	200
15	*A*	2700	3300	4200	4700	7000	7500	7800
	Z	11	13	18	20	30	32	33
	K	6	11	13	20	3	5	10
	U	4	5	9	10	5	5	5
	S	21	28	39	50	38	42	48
	s	**140**	**75**	**52**	**33**	**51**	**28**	**16**
	S_1	34	43	59	71	71	78	83
	s_1	**227**	**115**	**79**	**47**	**95**	**52**	**28**
25	*A*	3100	3700	4700	5500	9000	9500	10000
	Z	12	15	20	23	37	39	41
	K	7	12	17	25	5	8	15
	U	6	10	13	16	6	6	7
	S	25	37	50	64	48	53	63
	s	**100**	**59**	**40**	**26**	**38**	**21**	**13**
	S_1	40	58	72	91	92	98	112
	s_1	**160**	**87**	**58**	**36**	**74**	**39**	**22**
50	*A*	4100	5100	6300	7700	13700	14300	15000
	Z	17	22	27	33	57	60	75
	K	8	14	22	35	9	17	30
	U	13	17	22	30	10	10	11
	S	38	53	71	98	73	87	116
	s	**76**	**43**	**28**	**20**	**29**	**17**	**12**
	S_1	57	79	102	134	143	150	194
	s_1	**114**	**63**	**41**	**27**	**57**	**30**	**19**
100	*A*	6300	7700	9500	10700	23000	24000	26000
	Z	27	33	39	45	100	100	105
	K	12	20	33	53	18	35	60
	U	25	35	45	60	16	16	17
	S	64	88	117	156	129	151	182
	s	**64**	**35**	**23**	**16**	**26**	**15**	**9**
	S_1	95	123	155	207	244	271	312
	s_1	**95**	**49**	**31**	**21**	**49**	**27**	**16**
200	*A*	10300	13000	15800	20000	41600	43500	46000
	Z	42	53	69	80	170	180	195
	K	20	33	69	80	36	72	120
	U	50	69	89	113	28	29	30
	S	112	155	215	285	234	281	345
	s	**56**	**31**	**22**	**14**	**23**	**14**	**9**
	S_1	162	216	294	385	409	472	555
	s_1	**81**	**43**	**29**	**19**	**41**	**24**	**14**
500	*A*							
	Z							
	K							
	U							
	S							
	s							
	S_1							
	s_1							
1000	*A*							
	Z							
	K							
	U							
	S							
	s							
	S_1							
	s_1							

tals von der jährlichen Betriebzeit abhängig zu machen; denn ohne Zweifel bleibt eine Anlage, deren empfindlichere Teile vor Witterungseinflüssen geschützt sind, länger betriebfähig, wenn sie täglich drei Stunden arbeitet, als wenn sie täglich zehn Stunden läuft. Dieser Tatsache ist Rechnung getragen, indem eine veränderliche Abschreibungsziffer a eingeführt ist nach der Formel $a = 10\left(1 - \frac{3000 - x}{2 \cdot 3000}\right)$, wo x die Zahl der jährlichen Betriebstunden ist. Danach ergibt sich bei einem jährlichen Betriebe mit 3000 Stunden eine Abschreibung in zehn Jahren, dagegen bei 6000 Stunden, also Tag- und Nachtbetrieb, eine Abschreibungsziffer von 15 vH, d. h. in 6⅔ Jahren, und schließlich bei vollkommen ruhender Anlage eine Abschreibung in 20 Jahren gleich 5 vH. In dieser Weise ist dem Einfluß des Verwitterns und Verrostens sowie dem Veralten der Anlagen wohl in vernünftigem Maße Rechnung getragen. Bezeichnet man den Zinsfuß mit p, so kann man unter Vernachlässigung der Zinseszinsen mit genügender Genauigkeit für einen Anlagewert M den auf die Stunde entfallenden Betrag an Verzinsung und Abschreibung durch die Formel $s = \frac{M}{100}\left(\frac{p}{2} + a\right)\frac{1}{x}$ ausdrücken. Setzt man für a den obigen Wert ein und nimmt p z. B. mit 5 vH an, so ist

$$s = \frac{M}{x}\left(\frac{4500 + x}{60\,000}\right).$$

Nach diesen Regeln sind die in Abb. 1 angegebenen Schaulinien für Anlagewerte von 0 bis 50 000 ℳ berechnet, wobei für die in der Abszisse angegebene Anzahl von Betriebstunden die Ordinate jeweils die Kosten für Verzinsung und Abschreibung angibt.

Abb. 2. Vergleich der Kosten verschiedener Förderarten bei verschiedenen Fördermengen.

In der Formel für s ist der Zinsfuß p mit $\frac{p}{2}$ eingesetzt, weil im Hinblick auf die fortschreitende Abschreibung des Anlagekapitals die Zinsen sich ständig bis auf null verringern. Bei Vernachlässigung der Zinseszinsen können daher die durchschnittlichen Zinsen mit 2,5 vH für das ganze Anlagekapital angenommen werden. Bei 3000 jährlichen Arbeitstunden ist also für Verzinsung und Abschreibung 2,5 + 10 = 12,5 vH anzunehmen. Bei einem Zinssatz von 10 vH erhöht sich dieser Satz auf 5 + 10 = 15 vH, also um 2,5 vH des Anlagekapitals. Allerdings wird bei so hohen Zinssätzen der durch die Vernachlässigung der Zinseszinsen entstehende Fehler schon bedeutsam, und man wird zurzeit aus diesem Grund und besonders im Hinblick auf die Unsicherheit der Geldlage die Kapitalkosten sehr vorsichtig einsetzen müssen. Grundsätzlich ist es aber wichtig, die vorstehend angegebenen Regeln anzuwenden, da bei dem bisher oft angewendeten Verfahren, die Abschreibung ohne Rücksicht auf die jährliche Betriebdauer anzunehmen und den Zinssatz ohne Rücksicht auf die Tilgung des Anlagekapitals in voller Höhe einzusetzen, eine Anlage leicht unwirtschaftlich erscheint und nicht ausgeführt wird, die in Wirklichkeit erheblichen Nutzen bringen kann.

Auf die Wahl der Förderanlage ist es nicht von großem Einfluß, ob man die Abschreibung und Verzinsung etwas höher oder niedriger annimmt, wie aus Zahlentafel 1 hervorgeht. Der Vergleich wird am deutlichsten, wenn man die für 1 tkm Förderung entstehenden Kosten betrachtet. Damit man auch gleichzeitig ein Urteil über die Veränderung der Kosten bei veränderter Betriebdauer erhält, sind die Förderkosten für 1 tkm unter s bzw. s_1 für 3000 und für 1000 jährliche Förderstunden angegeben[1]). Um anschaulich zu zeigen, wie sehr die Förderkosten bei den verschiedenen Förderarten voneinander abweichen, sind in Abb. 2 und 3 die bei den verschiedenen Förderarten entstehenden Kosten für einen Einzelfall durch Schaulinien über der Länge und über der Leistung aufgetragen. Diese Schaulinien zeigen deutlich, daß die Unterschiede so groß sind, daß sie in den meisten Fällen nicht wesentlich beeinflußt werden, wenn auch die Anlagekosten bei Lieferung durch verschiedene Firmen etwas voneinander abweichen.

Kürzere Betriebdauer bei größerer Leistung.

Weiter soll darauf hingewiesen werden, daß bei den meisten Förderarten die Gesamtkosten für 1 tkm bei vielen Fördermengen und Förderlängen niedriger werden, wenn man die Anlage für eine etwas größere Leistung bemißt, sie dafür aber kürzere Zeit betreibt. Das ist aus Zahlentafel 1 deutlich erkennbar, wenn man für eine bestimmte Förderlänge die Förderkosten vergleicht, z. B. für 25 t Leistung und 3000 jährliche Betriebstunden und für 50 t Leistung und 1000 jährliche Betriebstunden. Man darf diese Zahlen miteinander vergleichen, obgleich die Leistung im letzteren Falle nur auf das Doppelte gesteigert ist, während die Betriebdauer von 3000 auf 1000 h, also auf ein Drittel ermäßigt ist. Die Anlage mit der doppelten Leistung müßte also zur Bewältigung derselben Jahresleistung 1500 h im Jahre laufen. Dabei würde dann aber die Abschreibungsziffer noch niedriger sein als bei 1000 jährlichen Betriebstunden, so daß Zahlentafel 1 den Unterschied zugunsten der kürzeren Betriebdauer nicht in vollem Maße zeigt. Das ist aber wohl zweckmäßig, da bei kürzerer Ar-

[1]) Der Raum gestattet nicht, die Grundlagen für die einzelnen errechneten Zahlen anzugeben. Zur näheren Auskunft über diese Fragen muß ich auf mein in diesen Tagen in 2. Auflage erscheinendes Buch „Anordnung und Verwendung der Hebe- und Förderanlagen" Bd. I hinweisen.

Abb. 3. Vergleich der Kosten verschiedener Förderarten bei verschiedenen Förderwegen.

Abb. 5 [2]).

—— Gesamtförderkosten
---- Anteil des Arbeitsverbrauchs
von langsamlaufenden schrägen Becherwerken bei 3000 jährlichen Betriebstunden.

[2]) Die Zahlen bei den einzelnen Linien bedeuten die Leistung in t.

beitsdauer die Arbeiter ihre Tätigkeit häufiger wechseln müssen, was auch bei guter Organisation immer etwas Zeit und damit Geld erfordert.

Aus Zahlentafel 1 erkennt man, daß die Förderkosten für **1 tkm** durch Vergrößerung der Leistung und Verminderung der Betriebdauer auf ein Drittel in vielen Fällen ganz erheblich, oft auf die Hälfte vermindert werden, natürlich immer unter der Voraussetzung, daß die Arbeiter in der ersparten Zeit nicht beschäftigungslos sind. Diese Feststellung ist von erheblicher Bedeutung, denn sie zeigt, daß das bisher bei der Vergebung von Anlagen meistens übliche Verfahren nur in sehr seltenen Fällen zur Ermittlung der günstigsten Lösung führen kann. Die Vergebung erfolgt bisher meistens in der Weise, daß der Besteller sich an verschiedene Firmen wendet mit der Mitteilung, daß auf eine bestimmte Entfernung täglich eine bestimmte Menge Fördergut zu bewegen ist, und um Preisangebot ersucht. Die Lieferfirma wählt die Förderart und bietet die Förderanlage an. Da in der Regel vom Besteller nur die Preise der verschiedenen Lieferanten untereinander verglichen werden, so ist die anbietende Firma veranlaßt, den Förderer mit möglichst kleiner Leistung anzubieten. Wir haben aber aus Zahlentafel 1 gesehen, daß mit dieser etwas billigeren Anlage dem Nutzen des Bestellers durchaus nicht gedient ist, daß er damit oft doppelt so teuer arbeitet, als wenn er etwas mehr Geld für eine leistungsfähigere Anlage aufgewendet hätte. Berücksichtigt man noch, daß nicht jede Firma alle Förderanlagen baut und daß sie im Hinblick auf den Wettbewerb veranlaßt ist, aus

Abb. 4 [1]).

—— Gesamtförderkosten
---- Anteil des Arbeitsverbrauchs
von Gurtbecherwerken bei 3000 jährl. Betriebstunden.

[1]) Die Zahlen bei den Linien bedeuten die Leistung in t.

Abb. 6.

—— Gesamtförderkosten
---- Anteil des Arbeitsverbrauchs
beim Hunt-Pendelbecherwerk für 20 m Hubhöhe und versch. Förderlängen bei 3000 jährl. Betriebstunden.

Zahlentafel 2. Zahlenmäßige Übersicht über die Kosten für Laden und Heben mit Kübel, Greifer und Hebemagnet bei 10 m Hubhöhe ohne Berücksichtigung der Anlagekosten des Kranes bei 10 ₰/kWh Stromkosten.

	Kohle, Sand, Kies usw.		Erz, Kalkstein usw.		Eisen			
					Masseln		Schrot	
	Kübel	Greifer	Kübel	Greifer	Kübel	Magnet	Kübel	Magnet
Nutzlast für einen Hub . . . . kg	1000	1500	1200	2000	1500	1200	1000	900
Gewicht des Fördergefäßes (Hubmagnets) „	400	2000	400	4000	300	2100	300	2100
Tragkraft des Kranes . . . . „	2000	4000	2000	7000	2500	7000	2000	7000
Bruttogewicht auf 1 t Nutzlast . . . . . „	1500	2330	1400	3000	1200	2750	1300	3330
Kosten:								
1. Seilverschleiß für die Tonne gehobener Ladung bei 10 m Hubhöhe . . . . . . ₰/t	0,5	1	0,5	1,5	0,5	1	0,5	1
2. Arbeitslohn für das Einladen bei Entladen vom Platz oder aus Flußschiffen außer dem Kranführer bei 50 t/h . . ₰/t	16	4	16	4	6	1	16	1
2a. desgl. bei Entladen aus Seeschiffen mit gewöhnlichen Luken . . . . ₰/t	21	8	21	11	—	—	—	—
3. Stromverbrauch für das Füllen und Öffnen der Greifer, bzw. Anfassen und Festhalten durch die Magnete (6,5 kW/Magnet) Dauer 15 s . . . . ₰/t	—	0,2	—	0,2	—	0,2	—	0,3
4. Stromverbrauch für das Heben der Last auf 10 m Höhe . . . . ₰/t	0,6	1,1	0,6	1,2	0,5	1,1	0,5	1,3
5. Gesamtbetriebskosten beim Entladen vom Platz oder aus Flußschiffen, ... ₰/t	17,1	6,3	17,1	6,7	7,0	3,3	17	3,6
6. Gesamtbetriebskosten beim Entladen von Seeschiffen, ... ₰/t	22,1	10,3	22,1	13,7	—	—	—	—

	Jährliche Entladezeit	Jährliche Entlademenge	Abschreibung und Zinsen für je 10 000 ℳ	Zulässige Mehrkosten			
				Greifer für Kohle, Sand, Kies usw.	Greifer für Erz, Kalkstein usw.	Magnet für Masseln	Magnet für Schrot
	h	t	₰/h	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ
7. Zulässige Mehrkosten für die Verladevorrichtung mit mechanischer Aufnahme des Fördergutes gegenüber Einschaufeln von Hand unter der Annahme von 50 t Stundenleistung in jedem Fall und Entladung aus Flußschiffen oder vom Platz.	100	5 000	15,2	7 100	6 850	2 400	8 800
	500	25 000	3,4	31 500	30 000	11 000	39 000
	1000	50 000	1,8	65 000	57 500	22 500	73 200
	2000	100 000	1,1	98 000	94 500	33 600	120 000
	3000	150 000	0,8	135 000	130 000	46 200	165 000

den von ihr bearbeiteten Förderarten die zu wählen, die einen möglichst niedrigen Lieferpreis ergibt, so wird man sagen müssen, daß die Gewähr dafür, daß der Besteller die wirtschaftlich günstigste Anlage erhält, sehr gering ist, solange man nicht dazu übergeht, diese Fragen etwas mehr als bisher auf einer gut vorbereiteten Grundlage zu behandeln. Ich hoffe, daß es durch die Tätigkeit des Ausschusses für wirtschaftliches Förderwesen beim Reichskuratorium für wirtschaftliche Fertigung ermöglicht wird, diese Grundlagen, deren Wesen hier nur kurz angedeutet werden kann, noch weiter auszubauen und für weitere Kreise nutzbar zu machen. Bei den aus Zahlentafel 1 erkennbaren Unterschieden der Förderkosten erscheint diese Arbeit durchaus notwendig.

Natürlich sind ähnliche Erwägungen bei der senkrechten Förderung und der vereinigten senkrechten und wagerechten Förderung anzustellen. In Abb. 4, 5 und 6 sollen nur Schaulinien der Förderkosten von drei Förderarten einander gegenübergestellt werden für verschiedene Leistungen und 3000 jährliche Betriebstunden. Wenn eine vereinigte senkrechte und wagerechte Förderung in Betracht kommt, so wird man zu überlegen haben, ob man ein Pendelbecherwerk wählt, das beide Bewegungen nacheinander ohne Umladen ermöglicht, wie in Abb. 7 angedeutet, oder ob man zwei getrennte Förderer zusammenarbeiten lassen will, z. B. Gurtbecherwerk nach Abb. 8 mit Gurtförderband nach Abb. 9, oder mit einem eingleisigen Umlaufförderer nach Abb. 10. Man kann dann einfach die Förderkosten der beiden zusammenarbeitenden Förderer zusammenzählen und mit den Förderkosten für ein Pendelbecherwerk vergleichen, was in Abb. 11 für eine Kohlenförderung von 30 t/h bei 3000 jährlichen Arbeitstunden geschehen ist. Aber auch hier muß man außerdem noch den etwaigen Einfluß einer verkürzten Betriebzeit untersuchen, der sich bei verschiedenen Förderarten verschieden äußern kann. In den Schaulinien ist sowohl der Fall untersucht, daß das Ladegut nur auf Lager zu bringen ist, daß also zu dem Becherwerk nur oben ein wagerechter Förderer hinzugefügt wird, als auch der Fall, daß das Lagergut wieder vom Lager zu entnehmen ist, wo auch unten ein wagerechter Förderer hinzutritt, der es dem Becherwerk wieder zuführt. Das Pendelbecherwerk kann ohne weiteres beide Aufgaben erfüllen. Trotzdem ist bei der dargestellten Leistung und Betriebdauer das Pendel-

Abb. 7. Schema einer gemischten Förderung.

Abb. 10. Schema eines eingleisigen Umlaufförderers DRP 413 453.

a Kippbare Fördergefäße, verbunden durch Gelenkkette *b* *c* Kuppelstange mit dem Antriebseil *d* *e* Seil- oder Kettenumführrollen *f* Selbsttätige Füllvorrichtung *g* Entladeanschlag.

becherwerk im allgemeinen etwas teurer als die beiden andern untersuchten Verbindungen. Man wird aber bei Kohlenförderung dennoch in vielen Fällen überlegen müssen, ob nicht die bei der Umladung entstehende Staubbildung und die Wertverminderung durch Kohlenabrieb genügende Veranlassung gibt, dem Pendelbecherwerk den Vorzug zu geben.

Kosten für das Abladen und Aufnehmen.

Damit komme ich zu den übrigen eingangs erwähnten Faktoren, die für die zu wählende Anordnung bestimmend sein können. Sie können nur ganz kurz behandelt werden.

Die unter 1) und *e*) erwähnten Kosten für das Heranbringen des Lagergutes durch ein Fernfördermittel sollen hier überhaupt keine besondere Behandlung erfahren, da dieser Transport zu gleicher Zeit schon von andrer Seite behandelt wird.

Die unter 2) genannten Kosten für das Abladen und Aufnehmen können bei den Dauerförderanlagen kaum von den Speicher- und Behälteranlagen getrennt behandelt werden, deren eingehende Untersuchung hier zu weit führen würde. Sie beschränken sich vorwiegend auf die Verschlüsse der Abzapföffnungen der Speicher und Behälter, verursachen also an sich in der Regel keine großen Anlage- und Betriebkosten. Eine ganz kurze allgemeine Übersicht soll durch Zahlentafel 2 gegeben werden über die verschiedenen Vorrichtungen zum Aufnehmen von Massengut und die Kosten zum Heben dieses Gutes mit diesen Aufnahmevorrichtungen. Dabei sind nur die Betriebkosten berechnet, während die Kapitalkosten im Hinblick auf die unübersehbare Mannigfaltigkeit der baulichen Anordnung unberücksichtigt geblieben sind. Sie sind nur insofern in Betracht gezogen, als unter denselben Bedingungen, wie sie oben erläutert sind, die Mehrkosten angegeben sind, die eine Anlage mit arbeitsparender Aufnahmevorrichtung tragen kann gegenüber dem Einladen des Ladegutes von Hand. Auch diese Angaben sind für verschiedene jährliche Entlademengen und Entladezeiten ermittelt.

Abb. 11. Förderkosten verschiedener Förderanlagen für 30 t/h bei 3000 jährlichen Betriebstunden.

Weitere Kosten der Lagerung und Stapelung.

Die unter *a*) und *b*) genannten Kosten des Lagerraumes und der Zinsverlust für das ruhende Lager sind einerseits sehr verschieden und stark abhängig von den besonderen Verhältnissen des Einzelfalles, sie sind aber anderseits in jedem Einzelfalle leicht zu übersehen, so daß hier von einer weiteren Erörterung abgesehen werden kann.

Nur um einen ganz rohen Anhalt zu bieten, sei erwähnt, daß für die Kohlenlagerung die Kosten eines großen Freilagers mit Verladeanlagen mit etwa 7 ℳ/t angenommen werden können. Die Kosten der gedeckten Lager schwanken erheblich und sind in einzelnen Fällen nicht wesentlich höher als für das Freilager angegeben, steigen aber in andern Fällen auf mehr als 20 ℳ/t. Bei einmaligem Umschlag im Jahr sind also die Kosten für Abschreibung und Verzinsung des Lagerraumes nicht unbedeutend. Daß auch die Kosten durch Zinsverlust bei den gegenwärtigen Zinssätzen sehr erheblich sind, ergibt sich aus einer einfachen Überlegung. Sie betragen z. B. bei einem sechsmonatigem Lagern mit etwa 5 vH bei einem Kohlenpreise von 20 ℳ/t 1 ℳ/t und sind damit höher als die eigentlichen Verladekosten.

Abb. 8. Schema einer senkrechten Förderung.

Bei einigen Fördergütern sind auch die unter *c*) erwähnten Verluste infolge Wertverminderung des Lagergutes durch das wiederholte Umladen sehr bedeutsam. Das ist in besonders starkem Maße der Fall bei Koks, aber auch in ziemlichem Maße bei manchen Kohlenarten. Die Verluste beim Umladen von Koks habe ich durch Versuche festzustellen gesucht, indem Koks aus 2 m Höhe auf eine auf Hüttenflur liegende Platte entladen und danach mit Gabeln aufgenommen wurde. Dabei wurde ein Koksabrieb von etwa 2 vH bei einem einmaligen Umladen festgestellt. Nimmt man den Wert von Koks mit 40 ℳ/t an und schätzt man den Koksabrieb nur etwa halb so hoch, so bleibt ein Verlust von 2 vH für 40 ℳ = 0,80 ℳ/t. Das ist erheblich mehr als das Ablagern und Aufnehmen mit einem Selbstentlader kostet. Beim Umladen von Kohle sind die Verluste durch Abrieb wohl nicht so groß, aber in manchen Fällen doch auch erheblich. Reschowsky gibt ihn für das Entladen vom Eisenbahnwagen mit einem Kipper mit 5 bis 8 vH an, ein Betrag, der die Kosten des Verladens erheblich übersteigt[1]).

Ähnliches ist schließlich auch von der unter *d*) erwähnten Wertverminderug des Lagergutes durch das Lagern zu sagen. Die in dieser Beziehung mit verschiedenen Kohlensorten angestellten Versuche ergaben durchweg höhere Verluste beim Lagern im Freien als im Schuppen; sie waren aber bei verschiedenen Kohlensorten sehr verschieden. Immerhin wurden oft schon Verluste an Gasausbeute nach einer sehr kurzen Lagerung festgestellt, so z. B. bei westfälischer Kokskohle nach etwa 3 bis 7 Tagen rd. 1,2 bis 1,7 vH[2]). Bei sehr lange gelagerter schlesischer Kohle sind die Verluste an Gasausbeute sogar bis auf 21 vH gestiegen[3]). Daneben ist noch zu berücksichtigen, daß auch der Wert von Koks durch die Lagerung der Kohle herabgedrückt wird, indem er bröckelig und kleinstückig wird. Die Versuche, die Verluste durch Lagerung unter Wasser oder in sauerstoffarmen Gasen zu vermeiden, haben bisher noch zu keinem durchschlagenden Erfolge geführt.

Schließlich kommt bei Kohle noch die Gefahr der Selbstentzündung hinzu, die wohl am besten durch die von den Feuerversicherungen verlangten Prämien be-

[1]) Bericht zum 9. Schiffahrtskongreß in Düsseldorf 1902.
[2]) Vergl. „Stahl und Eisen" Bd. 27 (1907) S. 358.
[3]) Journal für Gasbel. und Wasservers. Bd. 52 (1909) S. 796.

Abb. 9. Schema eines Gurtförderers mit Abwurfwagen.

wertet wird, die bei Lagerung der Kohle im Freien mit etwa 2,5 vT angegeben wird, bei Lagerung im Schuppen etwas niedriger.

Es ist nicht möglich, alle die in Zusammenhang mit diesen nur kurz angedeuteten Angaben auftauchenden Fragen hier eingehend zu erörtern. Der kurze Hinweis sollte nur dazu dienen, darauf hinzuweisen, daß sie beim Entwurf der Anlagen in Betracht gezogen werden müssen, und daß, wenn vorhin die eigentlichen Förderanlagen einer eingehenden Untersuchung unterworfen wurden, damit nur ein Teil der auftauchenden Fragen einer Lösung näher geführt werden konnte.

Zum Schluß erscheint es angesichts der vorstehenden Angaben geboten, noch einmal auf den am Anfang dieser Ausführungen aufgestellten Satz zu verweisen, daß der beste Weg zur Lösung der Fragen der Lagerung und Stapelung der ist, diese Lagerung und Stapelung zu vermeiden, wo immer geht. Leider ist das aber doch nicht immer möglich. Daß man die Vermeidung des Lagerns anstreben sollte, nicht nur bei der hier vorwiegend behandelten Lagerung von Massengütern, sondern ganz allgemein, selbst in den Werkstätten der Fabriken, zeigt eine bemerkenswerte Antwort, die auf eine in den Vereinigten Staaten veranstaltete Rundfrage betreffend die wichtigsten Momente bei Einführung der Fließarbeit einging. Als wichtigster Grundsatz wurde von einer Seite die Forderung gestellt, die Arbeitsmaschinen so dicht wie nur irgend möglich aneinander zu stellen, nicht nur der Raumersparnis wegen, sondern ganz besonders, um das Lagern von Gegenständen unmöglich zu machen. Streben wir auch in Deutschland an, dieses unerwünschte Lagern zu vermeiden; wenn wir es aber nicht vermeiden können, lösen wir die Aufgaben mit aller Sorgfalt, die sie wegen ihrer kostspieligen Durchführung verdienen. [B 918]

Neue Elektrohängebahnanlage.

Für die Höchster Farbwerke vorm. Meister, Lucius & Brüning in Höchst am Main ist von J. Pohlig A.-G., Köln-Zollstock, im Herbst 1924 eine Elektrohängebahnanlage fertiggestellt worden, die mit einer Förderleistung von 500 t/h eine der größten gegenwärtig im Betrieb befindlichen Elektrohängebahnanlagen darstellt. Die Anlage dient zur Förderung von Kohle von den Mainkähnen oder von der Eisenbahn zu den Lagern der Farbwerke.

Die Kohle wird von den Kähnen in Zweiseilgreifern von 5 m³ Inhalt mittels zweier (später fünf) Schrägbahnentlader auf einer Eisenbetonhochbahn zu großen Trichtern geleitet, durch die sie in die Hängebahnwagen fällt, s. S. 1201, Abb. 1. Die Wagen werden nun auf einer geschlossenen Hochbahn von rd. 2400 m gesamter Ringlänge zum Fabrikplatz gefahren. Hinter Verkaufbunkern und Fabrikbunkern mit Brechern liegt der Lagerplatz, der durch die Bahn in zwei gleiche Hälften geteilt wird.

Abb. 1. Lagerplatz mit Verladebrücke der Höchster Farbwerke, vorm. Meister, Lucius & Brüning.

Abb. 2. Elektrohängebahnwagen mit 12,5 m³ Fassungsvermögen.

Diese Platzhälften werden bestrichen durch je eine fahrbare Verladebrücke, über die das Hängebahngleis im Ringverkehr geführt wird, Abb. 1. Zum Beladen der Elektrohängebahnwagen auf dem Lagerplatz dienen zwei Drehkrane von je 8 t Tragkraft mit Zweiseilgreifern, die je auf einer der Verladebrücken fahren. Die Greifer entleeren sich wieder über einen Trichter in den jeweils darunter befindlichen Hängebahnwagen.

Die Form und Größe des Elektrohängebahnwagens ist aus Abb. 2 zu erkennen. Die Wagen haben 12,5 m³ Fassungsvermögen.

Aus den Eisenbahnwagen werden die Kohlen mittels eines Drehscheiben-Plattformkippers entladen; anschließend an diesen führen zwei Stahlzellenförderer zur Brecherei, in der sich zwei Pendelbecherwerke befinden. [M 871] Sd.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 69 SONNABEND, 26. SEPTEMBER 1925 NR. 39

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1260.

Der Straßenbau für den Kraftwagenverkehr.

Von Oberbaurat W. Reiner, Berlin-Tempelhof.

Der Kraftwagenverkehr stellt höhere Anforderungen an die Straße. Die deutschen Landstraßen, soweit sie lebhaften Verhehr haben, müssen umgebaut werden. Es ist zu entscheiden, ob der schwere Lastwagen oder der schnelle leichte Lastwagen im deutschen Überland-Straßenverkehr vorherrschen soll. Die bisherigen Pflasterarten für den Kraftverkehr: Kleinpflaster, Stampfasphalt und Gußasphalt. Neue Pflasterarten, aus Amerika über England nach Europa gelangt: Asphaltschotter, Asphaltmakadam, Walzasphalt, Sandasphalt, Teerpflasterungen, Betonstraßen. Neue deutsche Pflasterart: Verbundasphalt. Die neuen Pflasterarten sind besonders für den Kraftwagenverkehr geeignet. Infolge der weitgehenden Möglichkeit der Anwendung von Maschinenarbeit bei ihrer Herstellung haben sie nicht nur technische, sondern auch wirtschaftliche Vorzüge.

Der neuzeitliche Straßenbau richtet sich in erster Linie nach dem Kraftwagenverkehr und seinen Anforderungen. Der Kraftwagenverkehr ist im Zunehmen, der Verkehr mit Pferdefuhrwerken im Abnehmen begriffen. Ein aus beiden Verkehrsarten gemischter Verkehr dürfte in Deutschland noch längere Zeit bestehen, ehe der Kraftwagen allein den Straßenverkehr beherrscht.

Der Kraftwagen hat im Straßenverkehr Leistungssteigerungen in bezug auf Geschwindigkeit und Belastung gebracht, die weit über das hinausgehen, was bisher mit tierischem Zug möglich war.

Der Stand des Straßenbaues in einem Lande soll dem Stand und dem Umfang des Kraftwagenverkehrs entsprechen, so daß im Vergleich zu der Anzahl der Kraftwagen ein ausreichendes Netz von gut gebauten Verkehrstraßen vorhanden ist. Dieser Zustand besteht zurzeit in Deutschland noch nicht. Die Verkehrstraßenzüge im Landstraßennetz sind größtenteils noch mit Chaussierung befestigt, die sich für den Kraftwagenverkehr nicht eignet. Ein Umbau unsrer Landstraßen mit besseren Befestigungen muß vorgenommen werden.

Aber nicht nur die Befestigung, auch die Linienführung wird verbessert werden müssen. Entsprechend der hohen Geschwindigkeit des Kraftwagens werden die Verkehrstraßen stets übersichtlich und in Biegungen mit großen schlanken Kurven anzulegen sein. Die Kreuzungen mit der Eisenbahn bedürfen einer besonderen Ausbildung, schienenfreie Kreuzungen sind soweit wie möglich durchzuführen.

Die Straßenbefestigung hat einmal die Aufgabe, die Lasten der Verkehrsmittel zu tragen und auf den Untergrund, den gewachsenen oder aufgeschütteten Boden, zu übertragen, sodann hat sie an ihrer Oberfläche der stoßenden, reibenden und abschleifenden Wirkung der Pferdehufe und der Räder Stand zu halten. Die Straßenbefestigung ist also an ihrer Oberfläche mechanischen und dynamischen Einwirkungen verschiedenster Art ausgesetzt. Man unterscheidet im allgemeinen einen tragenden Unterbau und eine obere Fahrschicht. Die zunehmende Belastung der Fahrzeuge hat es mit sich gebracht, daß der Unterbau im Laufe der Jahre stärker geworden ist, ein Vorgang, wie er sich auch im Unterbau der Eisenbahnwege abspielt. Der verstärkten abreibenden und abschleifenden Wirkung der Triebräder der Lastkraftwagen an der Oberfläche der Fahrschicht begegnet man dagegen weniger durch eine Verstärkung der Fahrschicht als durch verbesserten Baustoff in bezug auf Dichte und geringe Abnutzung unter dem Verkehr.

Die Landstraße ist in Deutschland gewöhnlich in der Weise befestigt, daß auf einer sogenannten Packlage aus größeren schmalen Steinen von 14 bis 20 cm Höhe, die eng in Reihen gesetzt werden, eine Schotterlage von etwa 12 cm ausgebreitet ist, die nach dem Einwalzen etwa 8 cm dick wird. Die Schotterlage wird beim Einwalzen mit Sand und Steingrus bedeckt, so daß sie eine dichte Oberfläche erhält. Unter Mitwirkung des beim Walzen zugegebenen Wassers erzielt die Walzenpressung einen gewissen Verbund in der Schotterdecke. Für den Pferdeverkehr war diese Befestigung gut, dem Lastkraftwagenverkehr hält sie dagegen nicht Stand. Der schnelle und leichte Personenkraftwagen erzeugt auf der chaussierten Landstraße sehr viel Staub, der sich bei Regenwetter in entsprechende Schmutzmengen verwandelt. Der schwere Lastkraftwagen zerstört die Schotterdecke in kurzer Zeit.

In Deutschland ist der 9 t-Wagen mit einer Geschwindigkeit von 25 km/h außerhalb der Ortschaften zum Verkehr auf öffentlichen Straßen zugelassen. Der schwere Lastwagen übt gerade von 20 km Geschwindigkeit ab eine verheerende Wirkung auf die Schotterdecken der Landstraßen aus. Bei dem leichteren Lastwagen bis zu 2,5 t spielt die Geschwindigkeit dagegen lange nicht die Rolle in bezug auf Beschädigung der Straßen wie beim schweren Lastwagen. Bei einem Umbau von chaussierten Straßen für den Lastkraftwagenverkehr ist daher sehr zu beachten, ob man einen Verkehr mit schweren oder leichten und schnellen Lastwagen zugrunde zu legen hat. Sollen die Straßen für schweren Lastwagenverkehr umgebaut werden, so muß ihre Konstruktion bedeutend stärker werden, was einen ganz erheblichen Einfluß auf die Kosten des Umbaues hat.

Sehr gemildert werden die Stöße und Erschütterungen bei allen Lastwagenarten durch gute Federung des Wagens, durch richtige Lastverteilung, insbesondere aber durch eine nachgiebige Bereifung der Räder mit Kissen- und Luftreifen. In dieser Hinsicht sei erwähnt, daß man in Amerika, dem Lande des Kraftwagenverkehrs, den schnellen und leichten Lastwagen mit elastischer Kissen- und Luftbereifung ganz überwiegend eingeführt hat, und daß der schwere Lastwagen im Überlandverkehr weniger vorkommt.

Im folgenden sollen die Konstruktionen behandelt werden, die hauptsächlich für Straßen mit Kraftwagenverkehr in Betracht kommen.

Pflaster aus Naturgestein.

Pflaster aus Naturgestein, Abb. 1, wird als Groß- und Kleinpflaster verwendet. Wegen seiner großen Schichthöhe und seiner Kostspieligkeit wird das Großpflaster im allgemeinen nur in städtischen Straßen verlegt. Für die Verstärkung von Landstraßenzügen wählt man Kleinpflaster aus Hartgestein, wie Granit, Basalt oder Melaphyr. Die Kantenlänge des Kleinpflasterwürfels beträgt 8 bis 10 cm. Der Würfel wird mehr oder weniger vollkommen herge-

Abb. 1. Kleinpflaster auf Chaussierung.

stellt und dementsprechend verschieden bezahlt. Die Unterbettung für das in Reihen, schräg oder in Bogen versetzte Kleinpflaster besteht entweder aus Packlage mit Schotterdecke (Chaussierung), auch kurz Pack und Schütte genannt, oder aus Zementbeton in 15 bis 20 cm Dicke. Auf der Unterbettung wird das Kleinpflaster in Sandbettung von etwa 2 bis 3 cm Dicke verlegt, Abb. 1, auf Beton dagegen in einem ziemlich trockenen Mörtelbett. Die Fugen des Kleinpflasters werden entweder mit Sand oder mit Zementmörtel ausgefüllt, oder auch unten mit Sand und im oberen Teil mit asphaltischem Kitt ausgegossen. Das Gestein für Kleinpflaster muß von großer Druckfestigkeit und von gleichmäßiger Abnutzung sein, Verwitterungen dürfen nicht vorkommen. Wenn eine aus Chaussierung bestehende Landstraße für den Kraftwagenverkehr auf Kleinpflaster umgebaut werden soll, so wird die alte Chaussierung als Unterbau belassen und das Kleinpflaster in einer Sandbettung darauf verlegt. In Deutschland ist bisher zum Umbau von chaussierten Verkehrstraßen für den Kraftwagenverkehr das Kleinpflaster am meisten benutzt worden. In Norddeutschland wird es hauptsächlich aus schlesischen und sächsischen Brüchen bezogen, zum geringeren Teil auch aus dem Harz.

Die im folgenden angeführten asphaltischen Decklagen sind zum Teil neuere Fahrbahnkonstruktionen, die bei uns noch nicht so eingeführt sind wie im Ausland.

Bituminöse Pflasterungen.

Die Bezeichnung bituminöse Pflasterung oder Asphaltpflaster ist ein Sammelbegriff für eine ganze Anzahl von Pflasterarten, für deren mineralische, als Füllmittel dienende Bestandteile das natürliche oder das künstliche Bitumen Bindemittel ist. Das natürliche Bitumen kommt rein als Erdpech oder in porösem Kalkstein oder gemischt mit Ton als Asphaltkalkstein und als Trinidadasphalt vor. Der Asphaltkalkstein findet sich in Deutschland, in Frankreich, in der Schweiz, in Italien, Sizilien und in Dalmatien. Der Trinidadasphalt entstammt der Insel Trinidad. Mehr oder weniger reines Bitumen kommt in Frankreich, in der Schweiz, in Italien, in Dalmatien und im Staate Bermudez (Venezuela) vor, Erdölasphalte werden in Mexiko, Asphalt auch noch in Kalifornien und Texas gewonnen.

Asphaltpflasterungen.

In Deutschland ist am bekanntesten der Stampfasphalt. Als Rohstoff dient Asphaltkalkstein. Er wird in größeren Stücken mit der Bahn oder auf dem Wasserwege befördert und in den Asphaltfabriken mit dem Steinbrecher gebrochen, gemahlen, gesiebt, gelagert, auf festen

Abb. 3. Gußasphalt auf Beton.

oder beweglichen Darren bei 90 bis 110 °C gedarrt, sodann in Vorratwagen zur Baustelle befördert, dort auf Unterbeton heiß ausgebreitet, festgestampft und gewalzt. Der Unterbeton ist gewöhnlich 20 cm, die darauf verlegte Asphaltschicht in fertigem Zustande 5 cm dick. Bei großstädtischen Verkehrstraßen muß der tragende Unterbeton neuerdings 25 und 30 cm dick ausgeführt werden, um die Lasten des Verkehrs zu tragen.

Der Stampfasphalt wird nur auf der ebenen und festen Betonunterlage verlegt, Abb. 2. Er ist nichts andres als eine elastische, nachgiebige, bituminöse Decke auf dem Beton. Er hat bei seinen vielen unbestrittenen Vorzügen allerdings die Nachteile, daß er nur in ganz geringer Steigung, höchstens bis 1 zu 60, verlegt werden kann, und daß er unter dem Verkehr glatt wird, wodurch Fahrzeuge zum Schleudern kommen können. Seine Verwendung hauptsächlich auf Städte und Straßen in ebenem Gel[ände] beschränkt. Die Pferde müssen sich erst an Stam[pf]asphalt gewöhnen, der Hufbeschlag muß entsprechend ohne Griffe und Stollen gehalten werden. In Städten mit abwechselnd ebenen und steigenden Straßen wird Stampfasphalt nicht verwendet. In Groß-Berlin ist Stampfasphalt in großem Umfange verwendet worden. Es liegen hier etwa 6½ Millionen m².

Der Gußasphalt ist ein Gemisch von Asphaltmastix oder von Stampfasphaltaufbruch mit Goudron und Kiessand. Er wird in Straßen mit mittlerem und geringem Verkehr auf Beton von 15 bis 20 cm Dicke in einer Schicht von 4 bis 5 cm verlegt, Abb. 3. In der üblichen Zusammensetzung ist der Gußasphaltbelag schwerem Verkehr nicht gewachsen. Unter Berücksichtigung neuerer Forschungsergebnisse auf dem Gebiete bituminöser Pflasterdecken läßt sich m. E. unschwer auch Gußasphalt mit verbesserter Zusammensetzung für größere Verkehrbelastungen herstellen, der nicht den schlechten Eindruck des nach den üblichen Faustregeln hergestellten Gußasphalts macht.

Der Asphaltmakadam ist eine Fahrbahnbefestigung, die wir aus dem Straßenbau Nordamerikas übernommen haben. Er besteht aus einem Gemisch von mineralischen Füllstoffen, wie Schotter, Sand und etwas Steinmehl mit natürlichem Bitumen, also Trinidadasphalt oder Erdölbitumen aus Mexiko. Im Gesamtgemisch ist das Bitumen als Bindemittel mit etwa fünf Gewichtshundertteilen enthalten. In gewissem Sinn ist der Aspahltmakadam eine Schotterdecke, die durch Bitumen verbunden ist. Die aus Asphaltmakadam hergestellten Fahrbahnbelege können in Dicken von 4 bis 7 cm hergestellt werden, Abb. 4 und 5. Er wird unmittelbar auf Chaussierung oder Beton verlegt, ja selbst auf altem Kopfsteinpflaster als Unterlage. Die verhältnismäßige Wohlfeilheit des Asphaltmakadams, die Anpassung an jede Art von Unterlage in verschiedener Dicke, die ebene Oberfläche sowie die Möglichkeit einer Verwendung in Steigungen zeichnen den Asphaltmakadam als Pflasterart für die verschiedensten Verhältnisse

Abb. 2. Stampfasphalt auf Beton.

Abb. 4. Asphaltmakadam auf Chaussierung.

Abb. 5. Asphaltmakadamstraße im Bau.

Abb. 6. Durchtränken einer Asphaltschotterstraße.

aus. Asphaltmakadam wird in der Weise gemischt, daß die mineralischen Bestandteile in einer großen Trockentrommel auf etwa 180 ° C erhitzt und sodann in einer Mischvorrichtung mit dem heißflüssigen Bitumen gemischt werden. Die heiße Masse wird auf der Unterbettung ausgebreitet und mit Straßenwalzen von 8 bis 10 t eingewalzt. Der Oberfläche gibt man zur Abdichtung einen Anstrich aus einem Gemisch von Bitumen mit Steinmehl, um das Eindringen des Wassers zu verhindern. Die Asphaltmakadamdecken eignen sich für mittelschweren Verkehr.

Eine dem Asphaltmakadam ähnliche Straßendecke wird im Durchtränkverfahren hergestellt. Auf die Unterbettung, z. B. eine alte Chaussierung, wird Schotter in etwa 10 cm Dicke ausgebreitet und leicht abgewalzt, Abb. 6. Darauf wird heißflüssiges Bitumen über die Schotterlage ausgegossen, so daß die Hohlräume im Schotter vollständig gefüllt werden, dann wird Steingrus gestreut und nochmals abgewalzt. Die Ausführung muß bei warmem und sonnigem Wetter erfolgen. Die so hergestellten Decken sind für leichten und mittleren Verkehr ausreichend, jedoch nicht so widerstandsfähig, wie die nach dem Mischverfahren hergestellten Asphaltmakadamdecken.

Fahrbahndecken für schweren Verkehr werden in den Vereinigten Staaten seit vielen Jahren nicht mehr aus Stampfasphalt, sondern aus Walzasphalt hergestellt. Der amerikanische Walzasphalt, dort Sheet-Asphalt genannt, besteht aus einer doppellagigen Schicht, oben Sandasphalt, unten Asphaltmakadam, und wird auf Chaussierung oder auf Unterbeton verlegt. Der mineralische Bestandteil des Sandasphalts ist feiner Sand bis 2 mm Korngröße von gemischtem Korn mit einem Zusatz von feinem Steinmehl. Das Bindemittel ist entweder Trinidadasphalt oder reines mexikanisches Bitumen, Abb. 7 und 8.

Die Konstruktionshöhe der Walzasphaltdecke beträgt 4 + 4½ = 8½ cm oder 4 + 2½ = 6½ cm. Der Walzasphalt eignet sich für schweren Verkehr: die obere Sandasphaltschicht ist ebenso gut für Pferde wie für Lastkraftwagen geeignet. Infolge seiner Griffigkeit bietet der Walzasphalt auch bei Steigungen bis zu 4 vH einen guten Halt, er wird auch nie so glatt wie Stampfasphalt. Für den Umbau von chaussierten Landstraßen für schweren Kraftwagenverkehr eignet sich der Walzasphalt ganz besonders, da er auf der alten Chaussierung verlegt werden kann.

Abb. 7. Schnitt durch Walzasphalt auf Zementbeton.

Nach dem Verfahren des Verfassers wird Verbundasphalt in der Weise hergestellt, daß Sandasphalt ohne Asphaltmakadam-Bindeschicht auf Beton verlegt wird, so daß ein Verbund der Asphaltschicht mit dem Beton entsteht. Der Verbund kommt auf folgende Weise zustande: Kiesel oder Schotter aus Hartgestein wird in einer Korngröße von 5 cm erhitzt und mit einer ganz dünnen Schicht aus Bitumen in der Hitze überzogen. Solche bituminösen Haftgesteinstücke werden auf der aus Zementmörtel bestehenden Abgleichschicht des Zementbetons ausgebreitet und eingedrückt, Abb. 9, ähnlich wie Terrazzosteinstückchen im Mörtel dicht aneinander liegend, so daß der Beton eine schwarz aussehende Oberfläche erhält. Nach dem Erhärten des Betons wird der Sandasphalt unmittelbar verlegt, die heiße Masse erweicht und schmilzt den feinen Bitumenüberzug der im Beton steckenden Haftgesteinstücke, so daß sich diese klebend mit der Masse verbinden und nach dem Erkalten fest in ihr stecken. Nach diesem Verfahren lassen sich auch Gußasphalt und Stampfasphalt mit dem Beton in Verbund bringen.

Die Verbunddecken sind widerstandfähiger als die lose aufliegenden Asphaltdecken, die leichter der Zerstörung ausgesetzt sind. Man ist nach dem neuen Verfahren imstande, die Asphaltschicht in beliebiger Dicke auf Beton zu verlegen, bis zu 1 cm herab. Bei dem bisherigen losen Verlegen war man an bestimmte Deckenmindestdicken des Asphalts gebunden, z. B. 5 cm beim Stampfasphalt, 4 cm beim Gußasphalt. Näheres über die Herstellung ist in der Beschreibung einer Bauausführung in Berlin im Zentralblatt der Bauverwaltung vom 24. Januar 1925 enthalten.

Teerpflasterungen.

Sinngemäß kann man die genannten Asphaltpflasterungen anstatt mit natürlichem Bitumen als Bindemittel auch mit dem künstlichen Bitumen aus der Steinkohle, ja selbst aus der Braunkohle herstellen. Hierbei sind aber insofern Unterschiede vorhanden, als man nicht nur ein

Abb. 8. Festwalzen der oberen Schicht des Walzasphalts.

Abb. 9. Verbundasphalt auf Beton.

Abb. 12. Eisenbetonpflaster, zweifach bewehrt.

dem reinen Naturbitumen entsprechendes Teerpech, sondern auch noch Rohteer und vorbereiteten Teer, also dünnflüssigere Bitumenarten verwendet.

Kokereiteer wird dem Gasanstaltsteer vorgezogen, ob mit Recht, mag dahingestellt bleiben. Bei der Verwendung des Rohteers oder vorbereiteten Teers wird das mit Teer getränkte Gesteingemisch eine Zeitlang gelagert. Geteertes Gestein kann auch kalt eingebaut werden. Der Teer und seine Erzeugnisse, wie Pech u. dergl., sind chemisch wandlungsfähige Stoffe, die Teerstraßen unterliegen deshalb einer gewissen Versprödung, Verpechung, infolge Oxydation und Polymerisation durch den Zutritt der Luft und bedürfen aus diesem Grund einer regelmäßigen Nachteerung im Abstand von einem oder mehreren Jahren. Es ist zweifelhaft, ob sie auch schwerem Verkehr gewachsen sind.

Fahrbahndecken mit wasserlöslichem Bitumen. Sowohl das natürliche wie das durch Destillation der Steinkohle gewonnene Bitumen läßt sich nach verschiedenen Verfahren emulsionieren, d. h. in eine wasserlösliche Form bringen. Infolge des wasserlöslichen Zustandes ist es möglich, die Gemische mit mineralischen Füllmitteln, wie Sand und Steinstücken, auf kaltem Wege herzustellen und die kostspieligen Trocken- und Erhitzungseinrichtungen zu vermeiden. In die Straße eingebracht, trocknet das Emulsionsgemisch infolge Verdunstens des Wassers, so daß eine feste asphaltische Decke entsteht.

Es ist aber fraglich, ob nicht die getrocknete Emulsion bei Regenwetter doch wieder Neigung zur Wasseraufnahme zeigt, wodurch natürlich die Festigkeit der Asphaltdecke gelockert wird. Emulsionsdecken sind ferner nicht so elastisch wie heiß gebundene Decken. Im allgemeinen wird deshalb das unmittelbare Verfahren, die Anwendung von heißflüssigem Bitumen, vorgezogen. Es darf auch nicht übersehen werden, daß das Emulsionieren des Bitumens infolge Anwendung von Wärme und von Chemikalien Kosten verursacht.

Abb. 11. Maschinelles Stampfen und Abgleichen der Oberfläche.

Betonstraßen.

Betonstraßen sind in Deutschland wenig gebaut worden. Für den Verkehr von eisenbereiften Fahrzeugen und für Pferdegespanne ist die Betonstraße weniger geeignet. Besser eignet sie sich für Kraftwagen mit Gummibereifung. In den Vereinigten Staaten von Amerika liegen infolge des vorherrschenden Kraftwagenverkehrs die Verhältnisse für die Betonfahrbahn sehr günstig. Solange ein gemischter Verkehr wie bei uns besteht, empfiehlt es sich, der Betonfahrbahn einen Überzug mit einer verhältnismäßig dünnen Schicht von Sandasphalt zu geben.

Der Beton kann entweder durch Mischen der Bestandteile oder durch Ausgießen einer Schotterlage mit Mörtel hergestellt werden. Man unterscheidet zweierlei Ausführungen von Betonpflaster, je nach der Herstellung in einer Schicht oder in zwei Schichten. Die Herstellverfahren richten sich in neuerer Zeit meist nach amerikanischen Vorschriften, da in Amerika überwiegend Betonstraßen ausgeführt werden und dort günstige Erfahrungen vorliegen.

Abb. 10. Betonmischer mit Ausleger und fahrbarem Kübel.

Abb. 13. Eisenbetonstraße mit freistehendem Bordstein.

Abb. 14. Ausführung mit anschließenden Bordsteinen.

a mindestens 15 cm
b „ *a* + 5 „
c Längsfuge 1 bis 2 cm
d Straßenbreite
e Beton
f Eisenbewehrung
g Bordstein
h Schlacke
i Steinschlag oder ausgesiebter Kies.

Abb. 13 und **14.** Eisenbetonstraßen mit einschichtiger Betondecke.

Das Einschichtenpflaster scheint das bessere zu sein; die Herstellung von zwei Betonschichten birgt die Gefahr in sich, daß sich die obere Schicht nicht an allen Stellen fest mit der Unterschicht vereinigt. Es ist auch technisch einfacher, die ganze Betondicke auf einmal zu verlegen. Unbedingt nötig ist bei der Betonherstellung die Verwendung einwandfreier Baustoffe, sorgfältige Bereitung von gleichmäßigem Beton und das Feuchthalten der Betonfläche in den ersten Wochen.

D a s E i n s c h i c h t e n v e r f a h r e n. Der Beton für die ganze Betondicke wird in der Mischung 1 : 1½ : 3, auch noch 1 : 2 : 3 hergestellt. Bei leichtem Verkehr ist selbst eine Mischung 1 : 2 : 4 genügend. Die Mischung erfolgt durch Mischmaschinen, Abb. 10. Die Betondicke beträgt je nach der Verkehrsbelastung 15 cm bis 20 cm. Das Erdplanum muß fest sein, bei tonigem Boden ist eine Entwässerung nötig. Der Beton wird gut eingestampft, in Amerika häufig maschinell, Abb. 11. Alle 6 bis 9 m sind Ausdehnungsfugen offen zu lassen.

D a s Z w e i s c h i c h t e n v e r f a h r e n. Als Unterschicht dient eine Betonlage von etwa 12 bis 15 cm, die ausgebreitet und gestampft wird. Das Mischverhältnis beträgt etwa 1 : 2½ : 5. Die zweite obere Betonschicht wird auf der unteren Betonlage ausgebreitet, abgeglichen und, solange die Unterlage noch frisch ist, in etwa 5 cm Dicke festgestampft. Die Oberflächenschicht besteht aus Zement, Sand und Steinplitt oder Grus. Gemischt wird im Verhältnis 1 : 1 : 2 bis 1 : 1 : 1. Ich habe im Jahre 1914 auf der Avus-Rennbahn bei Berlin 2400 m² Betonpflaster in einer Schicht und in zwei Schichten verlegt, das sich bis heute sehr gut gehalten hat.

Ein Beispiel für das Zweischichtenverfahren ist die E i s e n b e t o n s t r a ß e. Die Eiseneinlagen können aus Rundeisen oder aus fertigem Geflecht bestehen. Die Bewehrung wird zwischen Unterschicht und Oberschicht gelegt, es werden außerdem auch doppelte Bewehrungen ausgeführt, Abb. 12. Längsfugen am Rinnstein, Abb. 13, und 14, und bei größerer Straßenbreite auch Fugen in der Straßenmitte; sie bilden im Verein mit den Querfugen eine Straßenfläche aus großen Eisenbetonplatten.

Abb. 15. Betonpflaster mit Sandasphalt-Verbundschicht.

D a s M ö r t e l a u s g u ß v e r f a h r e n. Ähnlich wie bei dem Asphaltmakadam-Pflaster gibt es auch ein Zementmakadam-Pflaster, das durch Ausgießen von Schotterlagen mit Zementmörtel hergestellt wird. Es werden hauptsächlich zwei Schotterschichten, aber auch eine Schotterschicht verlegt und ausgegossen. Das Schotterkorn ist 3 bis 6 cm dick, die Mörtelmischung beträgt 1 : 3, die Gesamtdicke des Betons etwa 15 cm.

D i e O b e r f l ä c h e n b e h a n d l u n g d e s B e t o n s soll Staubbildung und Abnutzung verhindern. Dies ist besonders nötig, solange Pferdefuhrwerke und eisenbereifte Wagen einen Bestandteil der Verkehrsmittel bilden. Häufig wird ein Überzug mit Teer oder mit halbflüssigem Asphaltbitumen oder mit Asphaltgoudron angewandt. Das heißflüssige Bitumen wird auf der Betonstraße ausgegossen und mit Besen ausgebreitet. Dies kann auch von Sprengwagen mit Gummischrubbern ausgeführt werden. Darauf wird Sand oder feiner Steingrus gestreut und das Ganze leicht eingewalzt, so daß eine bituminöse Decke von 7 bis 15 mm Dicke entsteht. Dadurch wird die Decke wasserundurchlässig und auch unempfindlich gegen tierische Absonderungen sowie gegen die Stöße des Pferdehufbeschlages und der eisernen Radreifen.

Sehr günstig wirkt das Aufbringen einer 1,5 cm dicken Sandasphaltschicht im Verbund mit dem Unterbeton, Abb. 15, der, wie beim Asphaltteerpflaster bereits angegeben, mit Haftgestein hergestellt wird.

Einen sehr empfindlichen Teil des Betonpflasters bilden die künstlichen Ausdehnungsfugen und etwaige Risse in der Betonfläche. Dünne bituminöse Deckschichten schützen diese schwachen Stellen des Betonpflasters, an denen sonst die Zerstörung des Betons einsetzt.

Zusammenfassung.

Am bekanntesten sind von den angeführten Pflasterarten in Deutschland der Stampfasphalt, der Gußasphalt und das Natursteinpflaster. Die andern Pflasterarten, wie Asphaltmakadam, Walzasphalt, Sandasphalt, Teerpflaster, Betonpflaster werden sich wegen ihrer technischen und wirtschaftlichen Vorzüge jedoch mehr und mehr einführen.

In Amerika und in England werden im Straßenbau vielfach dort Maschinen angewandt, wo sich Handarbeit durch maschinelle Arbeit ersetzen läßt. In Deutschland ist man bisher in dieser Beziehung zurückhaltend gewesen, doch werden wir auch bei uns mehr und mehr einer gesteigerten Anwendung der Baumaschinen im Straßenbau entgegengehen. Über die Verwendung von Maschinen im Straßenbau wird später berichtet werden. [B 83]

Neues Gründungsverfahren.

Bei Pfahlrostgründung müssen die Holzpfähle etwas unterhalb des Grundwasserspiegels abgeschnitten werden, damit das Holz nicht faulen kann. Um nun bei tiefliegendem Grundwasserstand nicht das ganze massive Fundament bis auf diese Tiefe hinunterführen zu müssen, was sehr kostspielig ist und auch Schwierigkeiten bietet, hat man neuerdings auf die Holzpfähle B e t o n p f ä h l e aufgesetzt. Bei einer Brückengründung in Chicago, wo die Pfähle bis 16,6 m unter Grundwasserspiegel eingetrieben werden mußten, hat man zunächst eine Stahlrohrhülse von rd. 40 cm l. W. mit einem Stahlkern, der die Hülse völlig ausfüllt, nur etwas kürzer ist als diese, bis auf den wasserdichten Boden eingerammt, dann an Stelle des Stahlkernes einen Holzpfahl in das Rohr eingeführt und durch den Stahlkern diesen bis zur erforderlichen Tiefe gerammt. Etwa 9,1 m unterhalb des hölzernen Pfahlkopfes sind Holzklötze zur zentrischen Führung des Pfahles im Rohr angebracht, auf die eine Teerstrickdichtung gelegt wird, die den Wasser- und Sandzutritt verhindern soll. Nach Herausziehen des Stahlkernes wird ein Rohr von 35,5 cm l. W., außen mit Asphaltstoff umwickelt, eingebracht und durch Rammen über den mit etwas kleinerem Durchmesser angeschnittenen oberen Teil des Holzpfahles gezwängt. In den Zwischenraum zwischen Pfahlkopf und Rohr wird dann Zementmörtel eingebracht, das äußere Rohr von rd. 40 cm l. W. herausgezogen und das stehenbleibende 35,5 cm-Rohr mit Beton gefüllt. („Engineering News-Record“ Bd. 94 (1924) Nr. 5.) [N 501] Bu.

Aus der Geschichte der Eisenbahn Stockton-Darlington (27. September 1825 bis 1863).

Ein Beitrag zur Geschichte der Lokomotive[1]).

Von Dr.-Ing. Geisler, Berlin.

Die unmittelbare Vorgeschichte und die Geschichte der Eisenbahn Stockton-Darlington werden beschrieben unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Lokomotiven auf dieser Strecke.

Der 27. September 1825 ist besonders wichtig in der Geschichte der Technik. An diesem Tage wurde die 41 km lange Eisenbahnstrecke Stockton—Darlington eröffnet, die erste Linie der Welt mit öffentlichem Personenverkehr.

Zwar bedeutet die Tatsache, daß die Eisenbahn von 1825 ab nicht mehr nur dem inneren Güterverkehr, sondern auch dem öffentlichen Personenverkehr dient, dem Ingenieur nur ein sehr äußerliches Merkmal. Demgegenüber muß indessen betont werden, daß durch dieses Ereignis die Technik sich zum erstenmal mit einer großen Tat unmittelbar in den Dienst der Volkswirtschaft stellte, somit ihre vornehmste und eigentliche Aufgabe erfüllend, den Menschen zu entlasten und ihm kostbare Zeit zu sparen. Von nun an verschwinden wirtschaftliche Sonderbestrebungen einzelner Völkerschaften immer mehr, und die Technik beginnt dazu beizutragen, daß viele Schranken, die zwischen den Angehörigen eines Volkes bislang noch bestanden hatten, fallen, und daß die einzelnen Nationen einander wirtschaftlich nähergebracht werden. So gesehen, kommt dem 27. September 1925 eine außerordentliche Bedeutung zu, und die Technik kann an diesem Tag einen ihrer größten Siege feiern.

„Locomotion", die erste Lokomotive für Personenbeförderung; Stockton—Darlington 1825.

Die Entwicklung bis zur ersten öffentlichen Personeneisenbahn.

In der Entwicklung bis zum Bau der ersten Dampflokomotive lassen sich vier Abschnitte, die sich zeitlich allerdings zum Teil überdecken, gut unterscheiden:

1. Die Verwendung von hölzernen oder eisernen Schienen, auf denen man durch Pferde gezogene Wagen rollen ließ.

Die sehr naheliegende Verwendung von längsliegenden Holzbohlen als Schienen kann bis in das 16. Jahrhundert zurückverfolgt werden. Aus dem Jahre 1630 ist eine Bahn mit eisenbeschlagenen Holzschienen bekannt, auf denen ein Pferd eine viermal so große Last zu ziehen vermochte wie auf der Landstraße. 1738 traten gußeiserne Gleisbelege auf. 1767 schuf Reynolds einen U-förmigen Gleisbelag, der um 1800 der Winkelschiene Platz machte; auf dieser haben sich 1804 noch die ersten Versuche von Trevithick abgespielt. Aber schon vorher, 1789, ist die gußeiserne Stegschiene ohne Fischbauch von Jessop aufgetaucht, deren Form unserer heutigen Schiene nahekam. Die Fischbauchschiene ist dann aber noch bei der Eisenbahn Stockton—Darlington 1825 verwendet worden.

2. Ersatz des Zugpferdes durch die ortfeste Dampfmaschine unter Verwendung langer Zugseile.

Der Gedanke, die Eisenbahn durch ortfeste Maschinen mittels Zuseiles anzustreben, wurde bei Beratungen über den Entwurf der ersten Eisenbahn ernsthaft erwogen. Eine Anwendung hat aber dieser Gedanke, ausgenommen bei starken Steigungen, nicht gefunden.

3. Verwendung von Dampfwagen (Automobilen)[2]).

Jos. Cugnot erbaute schon 1769 einen kleinen Dampfwagen, der sich aber noch nicht bewährte. Erst 1801 gelang es R. Trevithick, seinen Dampfwagen „Feuerdrache", der ohne Benutzung von Schienen lief, einwandfrei zu betreiben. Dampfautomobile sah man bald in den Straßen von Brüssel und Paris. Die größte Verbreitung hatte das neue Verkehrsmittel jedoch in England. 1830 gab es bereits 26 Dampfwagen in London und etwa 100 in ganz England.

4. Einführung der Lokomotiveisenbahn. Der Dampfwagen tritt jetzt an die Stelle des Zugpferdes für die auf Schienen laufenden Fahrzeuge.

Vom Dampfwagen zur Lokomotive ist nur ein kleiner Schritt. Da der Dampfwagen auf rauher Straße viel größeren Anforderungen gewachsen sein muß als die Lokomotive auf glatter Schiene, so erscheint es verständlich, daß R. Trevithick schon 1804 die erste Lokomotive, Abb. 1[3]), für Güterverkehr bei einer Grubenbahn in Wales in Betrieb setzen konnte. Es ist beachtenswert, daß sich wesentliche Grundlagen des späteren Lokomotivbaues schon bei dieser ersten Lokomotive von 1804 fanden. Trevithick benutzte einen Teil des Auspuffdampfes zum

[1]) Benutzte Literatur: „The Engineer" 1875 und 1879. C. Matschoß, Geschichte der Dampfmaschine, Berlin 1908, Julius Springer. Bd. 1 S. 761 ff. J. G. H. Warren, A. Century of Locomotive Building by Robert Stephenson & Co., 1823 bis 1923, Andrew Reid & Co. Ltd. Newcastle 1925. Randall Davies, The Railway Century, A Retrospect. Published by the London and North Eastern Railway Co.

[2]) Vgl. Z. Bd. 50 (1906) S. 1257.

[3]) die Abb sind sämtlich in demselben Maßstabe gezeichnet.

Vorwärmen des Speisewassers, während er den andern Teil durch das Blasrohr schickte. Sonst zeigte diese erste Lokomotive allerdings noch recht große Abweichungen von den späteren Ausführungen. Der sehr langhubige Zylinder war im Innern des Flammrohrkessels untergebracht. Zahnradübertragung und Schwungrad, die uns heute recht überflüssig scheinende Teile einer Lokomotive darstellen, wurden verwendet. Man erreichte immerhin mit ihr bei Leerlauf Geschwindigkeiten von 25 km/h bei einer Anhängelast von 25,4 t. Leider war das ganze Fahrzeug so schwer, daß die Schienen dem Achsdruck nicht gewachsen waren. Man mußte daher diese Lokomotive bald aus dem Verkehr ziehen, hat sie aber später noch an andrer Stelle Jahrzehnte lang verwendet. Der Anfang war zwar gemacht, jedoch stellten sich der Verbreitung der Dampfeisenbahn noch erhebliche Schwierigkeiten entgegen, so daß sie sich vorerst keinen Eingang in den öffentlichen Verkehr schaffen konnte. Erst 20 Jahre später war das möglich.

Abb. 1. Erste Lokomotive für Güterverkehr auf einer Grubenbahn in Wales, erbaut 1804 von Rich. Trevithick.

Abb. 4. 1827 erbaute Lokomotive „Experiment" von R. Stephenson & Co.

Vor allem der Gedanke, daß die Reibung zwischen Lokomotivradkranz und Schiene viel zu gering sei, um eine genügende Last fortzuziehen, brachte, von Trevithick selbst unterstützt, viel Verwirrung in die Köpfe der damaligen Ingenieure. Hier machte die Entwicklung einen Seitensprung, einen völlig unnötigen Umweg über den Zahnrad- und Seilbahnbetrieb.

Das Verdienst, die Entwicklung wieder in richtige Bahnen gelenkt zu haben, gebührt George Stephenson (1781 bis 1848). Er war schon seit 1803 Maschinenmeister bei den Kellingworth-Gruben und beschäftigte sich dort fast ausschließlich mit dem Betrieb der Kohlenbahn. 1814 baute er, anknüpfend an die Vorbilder von Trevithick, Blenkinsop und Hedley, seine erste Lokomotive. Die Bewegungsübertragung von einer gekuppelten Zahnradwelle auf die nicht unmittelbar gekuppelte Treibachse dieser Lokomotive mittels Zahnräder erwies sich als wenig brauchbar, und die nächste Lokomotive Stephensons (1815) zeigt zum erstenmal den Kurbelzapfen unmittelbar an den Treibrädern. In der Patentschrift von 1815, die Stephenson gemeinsam mit Dodds als Erfinder bezeichnet, wird entweder eine endlose Gliederkette oder die Kuppelstange genannt, die bewirken sollen, daß beide Kurbeln stets einen Winkel von 90° miteinander bilden, Abb. 2 und 3. Zwar hatte auch Trevithick schon an einer Modellokomotive den unmittelbaren Antrieb mittels der an den Treibrädern angreifenden Kurbelzapfen versucht. Aber Stephenson und Dodds sind doch selbständig vorgegangen. Der unmittelbare Kurbelzapfenantrieb wird von jetzt ab fast ausschließlich verwendet, die Kuppelstange dagegen ist bei den nächsten Ausführungen noch durch die Kuppelkette ersetzt.

1816 erhielt Stephenson zusammen mit Losh ein weiteres Patent auf eine Federung des Kessels. So wurde die Lokomotive im Laufe der Jahre immer vollkommener in den Einzelheiten und immer schwerer, ohne sich jedoch vorerst im wesentlichen in ihrem Aufbau zu verändern.

Zahlreiche Versuche, Lokomotiven zu bauen und zu betreiben, waren inzwischen auch von andern gemacht worden. Jedoch hatte Stephenson ihnen die größere Erfahrung voraus: waren doch bis 1823 etwa 16 Lokomotiven aus seiner Werkstatt hervorgegangen. In diesem Jahre gründete er in Gemeinschaft mit seinem Sohne Robert Stephenson, Edward Pease aus Darlington und Michael Longridge die erste Lokomotivfabrik der Welt, die Firma Robert Stephenson & Co.

Die Stockton - Darlington - Eisenbahn.

Vorgeschichte. In mehreren Provinzen Englands, z. B. in Wales, Northumberland, Durham, waren bereits um 1818 Eisenbahnen mit Lokomotivbetrieb neben solchen mit Pferdebetrieb und Seilbetrieb im Gebrauch. Aber keine von den Lokomotiveisenbahnen diente dem öffentlichen Personenverkehr. Für diesen hatte man sich bisher mit dem Zugpferdbetrieb begnügt.

Aber noch ein andrer Wettbewerber stand um jene Zeit der Lokomotiveisenbahn gegenüber. Das war die Kanalschiffahrt. Auch zur Verbindung von Stockton und Darlington war ursprünglich ein Kanal geplant, an dessen Ufern man Dampfmaschinen zum Treideln aufstellen wollte. Bereits seit etwa 1770 wurde der Bau beabsichtigt. 1813 kam man darauf, daß „eine Eisenbahn oder Pferdebahn mehr Gewinn abwerfen würde". 1818 wurde dann auf Grund eingehender Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Bau der Bahn beschlossen.

Am 19. April 1821 lag die königliche Genehmigung für die Anlage einer Eisenbahn oder Pferdebahn zur Frachtbeförderung vor. Weder von der Personenbeförderung noch von der Verwendung von Dampflokomotiven war die

Abb. 2 und 3. Bewegungsübertragung bei einer Lokomotive von Stephenson nach einer 1815 eingereichten Patentschrift.

Abb. 5. Lokomotive „Royal George", erbaut 1827 von Hackworth für die Stockton-Darlington-Bahn.

Abb. 8. „Rocket" von 1829. Nicht zu verwechseln mit der „Rocket" der Manchester—Liverpool-Eisenbahn.

Abb. 9. „Victory", erbaut 1829 von Hackworth.

Abb. 13. Vereinigter Flammrohr-Heizrohr-Kessel mit vorderer Heizung nach Napier, verwendet bei der Lokomotive „The Director", Abb. 11 und 12.

Rede. George Stephenson war es, der, weitblickend, zugunsten der Förderung durch Dampflokomotiven sprach. Es gelang ihm, dem damals schon allgemein anerkannten Ingenieur, sich durchzusetzen, und am 16. September 1824 wurden bei der Firma R. Stephenson & Co. zwei Lokomotiven zum Preise von je 500 £ für die neue Strecke bestellt. George Stephenson hat übrigens auch starken Anteil an der Planung der Linie genommen.

1825 bis 1828.

Abb. 6 und 7. Einbau der Siederohre in Stephensons „Rocket" (Rainhill).

Im September 1825 konnte man die erste Lokomotive der Strecke Stockton—Darlington, die „Lokomotion", s. Titelbild, abliefern. Wie ihre letzten Vorgängerinnen, die aus Stephensons Betrieb hervorgingen, hat sie zwei Zylinder mit lotrechter Achse, Kupelstangen und um 90° versetzte Kurbeln. Recht mangelhaft war noch die einfache Flammrohranordnung. Das Dienstgewicht betrug 6,5 t, der schmiedeiserne Kessel hatte 4 m Länge bei 1,2 m Dmr. und bestand aus 12,5 mm dickem Eisenblech. Der Zylinderdurchmesser betrug rd. 250 mm, der Hub 60 mm und der Treibraddurchmesser rd. 1000 mm. Die Fahrten mit dieser Lokomotive verliefen anfangs zufriedenstellend; jedoch platzte im Juli 1828 der Kessel. Die „Locomotion" erhielt einen zweiten und noch einen dritten Kessel, mit dem sie bis 1841 ihren Dienst versah. Später wurde sie als Pumpmaschine benutzt, und jetzt steht sie auf dem Bahnhof in Darlington als ein Wahrzeichen jener für die Technik so großen Zeit.

Abb. 14. Langkessellokomotive „Commerce", 1847 für die Stockton—Darlington-Bahn erbaut. Man beachte die Dampfbremse an den Treibrädern.

Bis Mai 1826 lieferte die Firma R. Stephenson & Co. noch weitere drei Lokomotiven von gleicher Bauart für die Strecke Stockton—Darlington. Bemerkenswert ist, daß schon 1826 eine Vierzylinderlokomotive, gebaut von Robert Wilson in Gateshead, für die Linie geliefert wurde, sich aber nicht bewährte und bald wieder verschwand.

Eine Abänderung brachte 1827 die wieder von R. Stephenson & Co. erbaute „Experiment" insofern, als sie die erste Lokomotive seit längerer Zeit mit wagerecht liegenden Zylindern ist, Abb. 4. Diese Lokomotive lief ursprünglich auf zwei Achsen, erhielt aber 1828 zugleich mit einem neuen Rahmen auch eine weitere Achse. In dem Bestreben, die Heizfläche zu vergrößern und außerdem einen guten Wasserumlauf zu erreichen, hatte man den Rost innerhalb des einen Flammrohres aus Wasserrohren gebildet, die auf der Stirnseite und auf der Feuerseite mit dem übrigen Kesselraum in Verbindung standen. Eine Speisewasservorwärmung war ebenfalls schon bei dieser Lokomotive vorhanden. 1830 wurde die „Experiment" durch Hackworth völlig umgebaut. Vor allem versah man

Abb. 10. 1830 von Stephenson & Co. nach Entwurf von Hackworth gebaute Lokomotive „Globe" mit innen liegenden Zylindern und einem Dampfdom.

Abb. 11 und 12. Lokomotive „The Director", 1832 von Stephenson nach Entwurf von Hackworth gebaut.

sie mit einem Flammrohr mit zwei Zügen, das bereits Trevithick bei seinen ersten Lokomotiven zur Vergrößerung der Heizfläche mit Erfolg verwendet hatte.

Nach dem Umbau stimmte die „Experiment" weitgehend überein mit der „Royal George", Abb. 5, die ebenfalls Hackworth 1827 für die Stockton–Darlington-Bahn erbaut hatte. Der Gedanke, die Zylinder nicht hintereinander, sondern nebeneinander anzuordnen, der schon von Hedley bei seiner „Puffing Billy" und bei andern verwirklicht worden war, ist seit der „Royal George" nicht mehr verlassen worden. Der Kessel dieser Lokomotive war rd. 4 m lang bei etwa 1,3 m Dmr., und die Heizfläche betrug mit rd. 13 m² etwa das 2,5fache der Heizfläche der „Locomotion". Der Kessel hatte einen Druck von 3,5 at. Das zweizügige Heizrohr war in ähnlicher Weise wie hier bereits durch Trevithick benutzt worden. Bemerkenswert ist, daß diese Lokomotive keine Kreuzköpfe aufwies, sondern daß die Geradführung durch Lenker hergestellt wurde. Neu ist die Verwendung zweier Blattfedern zur Aufnahme der beiden vorderen Achsen, während die hintere Achse ungefedert blieb

1828 bis 1841.

Es ist ersichtlich, daß bis 1828 die Grundelemente des Dampflokomtivbaues bereits entwickelt sind. Blasrohr, Vorwärmer, Kurbelantrieb, Kuppelstange, Kolben und Zylinder, Steuerung und Federung sind wenigstens in einfacher Bauart vorhanden. Die nächsten Jahre bis 1841 bringen dann die richtige Ausbildung des Kessels als Heizrohrkessel, der Feuerbüchse und die wagerechte Anordnung der Zylinder, die einen unmittelbaren Antrieb der Treibräder gestattet.

Den Übergang von den senkrecht stehenden zu den wagerecht stehenden Zylindern bildeten die Schrägzylinder, die lange Zeit hindurch das Feld behaupteten, deren Achse sich aber immer mehr dabei der wagerechten Lage näherte. Die erste Lokomotive mit Schrägzylindern und zwei Flammrohren, die „Lancashire Witch", wurde nicht auf der Stockton–Darlington-Bahn, sondern auf einer andern Linie verwendet. In ihrer äußeren Form ähnelt diese Lokomotive sehr stark der bekannten „Rocket", die bei Rainhill den Sieg davontrug. Allerdings war diese „Rocket" schon mit Heizrohren[1]) ausgerüstet, Abb. 6 und 7, deren Verwendung den Hauptfehler der bisherigen Stephensonschen Lokomotiven, ihre mangelhafte Dampflieferung, beseitigte. Die Idee dieses Heizrohrkessels verdankte Stephenson den Angaben von Booth, dem Sekretär der Eisenbahngesellschaft.

Seit dem Auftreten der „Rocket" nahm die Liverpool–Manchester-Eisenbahn durch ihre Länge und Bedeutung die Aufmerksamkeit der Fachleute und der technischen Zeitschriften immer mehr in Anspruch. Weitere Bahnen entstanden, die an Ausdehnung und Wichtigkeit die Linie Stockton–Darlington wesentlich übertrafen. So sei auch an dieser Stelle die weitere Entwicklung der Lokomotiven auf dieser Linie nur in großen Zügen wiedergegeben unter besonderer Berücksichtigung der Erzeugnisse der Stephensonschen Fabrik.

Die für Stockton–Darlington 1829 erbaute „Rocket", eine der Siegerin von Rainhill ähnliche Lokomotive, zeigt Abb. 8. Ebenfalls aus dem Jahre 1829 stammt die von Hackworth gebaute „Victory", die wieder senkrechte Zylinder aufweist, Abb. 9, während die ein Jahr später von Hackworth entworfene und von Stephenson & Co. gebaute „Globe", Abb. 10, wagerechte Zylinder hat. Bei ihr liegen die Zylinder innen, wie später und auch jetzt noch häufig bei englischen Lokomotiven. Die „Globe" ist übrigens die erste Lokomotive mit einem Dampfdom.

Die 1832 ebenfalls von R. Stephenson & Co. gebaute und von Hackworth entworfene Lokomotive „The Director", Abb. 11 und 12, hatte wieder stehende Zylinder. Bemerkenswert ist, daß man auch hier wieder eine Blindwelle verwandte. Sonderbarerweise war man von dem Heizrohrkessel der „Rocket" mit hinter dem Kessel liegender Feuerbüchse abgekommen und hatte einen vereinigten Flammrohr-Heizrohr-Kessel mit vorderer Heizung von Napier benutzt, Abb. 13, der wohl eine Heizflächenvergrößerung gegenüber dem einfachen Flammrohrkessel ergab, dafür aber den Übelstand ergab daß wieder wie bei dem Kessel mit rückkehrendem Zweifachflammrohr ein Kohlentender mit dem Heizer vor der Lokomotive fahren mußte, während der Wassertender mit dem Führer hinter ihr lief. Obgleich seit 1830 schon Erfahrungen mit besonderer Feuerbüchse vorlagen, konnte man sich doch nur sehr langsam entschließen, die alte Bauart mit Innenfeuerung zu verlassen.

1841 bis 1870.

Den Vorteil der großen Heizfläche erreichte mit zweckdienlichen Mitteln erst Stephenson mit seinen Langkessellokomotiven (Long Boilers), die 1841 auf dem Plan erschienen. Durch diese Anordnung gelang es, die Heizfläche des Kessels bei etwa doppelter Länge gegenüber den früheren Bauarten auf etwa den doppelten Betrag zu erhöhen. Die Abgase verließen die Rauchkammer jetzt mit wesentlich niedrigerer Temperatur (für einen Fall wird eine Temperaturverminderung von 410 ° auf 230 °C für die Rauchkammer angegeben); eine erhebliche Brennstoffersparnis war die Folge dieser Neuerung. Außerdem bewies Stephenson den Verteidigern einer größeren Spurweite, daß die Normalspur zum Unterbringen der erforderlichen Heizfläche völlig ausreichend sei. Die vorgelagerte Feuerbüchse war von diesem Zeitpunkt ab eine ständige Einrichtung. Abb. 14 zeigt eine Langkessellokomotive, die „Commerce", die für die Stockton–Darlington-Bahn 1847 gebaut wurde. Der Schornstein und das Windschutzblech vor dem Führerstande dürften wohl aus späterer Zeit herrühren. Eigentümlich ist der Angriff der Kuppelstangenzapfen am vorderen Triebrad innerhalb einer Schleife der Schubstangen. Die Abbildung zeigt auch besonders gut die Anordnung der Dampfbremse, die Stephenson bereits 1833 geschützt worden war. Die „Commerce" ist jedoch offenbar nicht von Stephenson & Co. sondern von der Shildon Works Co. gebaut worden. Dagegen weist die Anordnung der drei Treibachsen zwischen Rauchkammer und Feuerbüchse auf eine Langkessellokomotive nach Stephensonschen Patenten hin.

Eine dreiachsige Lokomotive, „Edward Pease", zeigt Abb. 15. Sie ist 1856 von Stephenson & Co. für die Stockton–Darlington-Bahn gebaut worden und weist die für die späteren englischen Lokomotiven kennzeichnenden Innenzylinder auf. Die „Brougham", Abb. 16, war eine vier-

Abb. 15. Lokomotive „Edward Pease", erbaut 1856 von Stephenson & Co. für die Stockton–Darlington-Bahn.

Abb. 16. „Brougham", vierachsige Lokomotive mit Drehgestell.

[1]) Vgl. Z. Bd. 31 (1887) S. 289.

Abb. 17 und 18. Lokomotive aus 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Die Lokomotive zeigt, abgesehen vom Überhitzer und dem Rundschieber, alle wesentlichen Merkmale unserer heutigen Lokomotiven.

achsige Lokomotive mit Drehgestell. Die Drehgestellanordnung der Achsen war Robert Stephenson schon 1831 geschützt worden. Diese Lokomotive zeigt schon alle Merkmale der heutigen Lokomotive, allerdings noch niedrige Kessellage und innenliegende Steuerung. Eine ähnliche Bauart zeigen Abb. 17 und 18. Man sieht, auf welcher verhältnismäßig hohen Entwicklungsstufe der Lokomotivbau im Jahre 1861, also etwa 35 Jahre nach der Eröffnung der Eisenbahn Stockton–Darlington, bereits stand. Außer dem Überhitzer und dem Rundschieber sind fast alle wesentlichen Merkmale unsrer heutigen Lokomotivbauarten vorhanden.

Nicht mehr lange nach Ablieferung der letztgenannten Lokomotive sollte die Stockton–Darlington-Eisenbahn als eigenes Unternehmen bestehen. Sie ging 1863 mit noch mehreren andern kleineren Linien in der London and North Eastern Railway auf. Etwa 160 Lokomotiven wurden zur Zeit der Übergabe auf der Strecke betrieben. Ihre Erbauer waren neben R. Stephenson & Co. hauptsächlich Gilkes, Wilson & Co., R. & W. Harthorn und die Shildon Works Co.

Anhang:
Die Entwicklung in Deutschland.

Deutschland litt zur Zeit der Eröffnung der Stockton-Darlington-Eisenbahn noch schwer unter den Folgen der napoleonischen Kriege. Seine führenden Männer erblickten ihr Ziel mehr in der Förderung der Wissenschaften und der Künste als in der Unterstützung der Technik. Die damals in der Regierung sehr mächtigen landwirtschaftlichen Kreise sahen in jedem technischen Fortschritt einen Zug zur Verkleinerung ihrer Macht und zur Verminderung ihrer Einnahmen. So kann es denn nicht wundernehmen, wenn 1825 der Ruf Friedrich Harkorts nach der Anlage einer Eisenbahn trotz vieler Anerkennung keine Wirkung hatte. Die Durchführung des Planes, eine Kohlenbahn vom Rhein nach der Weser zu bauen, verhinderte die damalige preußische Regierung durch Verweigerung der Bauerlaubnis. 1835 konnte dann endlich die erste Personenbahn auf deutschem Boden, die Strecke Nürnberg–Fürth, eröffnet werden. Die Lokomotiven waren damals allerdings noch englischen Ursprungs. 1838 wurde die erste in Deutschland gebaute Lokomotive, die „Saxonia" auf der Leipzig–Dresdener Eisenbahn in Betrieb genommen. Sie war von der Aktien-Maschinenfabrik Übigau bei Dresden gebaut worden. 1841 eröffnete dann A. Borsig in Tegel seine Lokomotivwerkstatt, und von dieser Zeit ab gewinnt der deutsche Lokomotivbau immer mehr an Bedeutung. [B 825]

Die Eisenbahnspurweiten in Gesamt-Amerika.

In Nordamerika herrscht bereits eine sehr weitgehende Übereinstimmung der Spurweiten. Fast 90 vH der Linien der Vereinigten Staaten, ferner alle zwischenstaatlichen Eisenbahnlinien Kanadas und Mexikos haben als gemeinsame Spur das aus England eingeführte Maß von 4′ 8,5″ = 1,435 m. Ganz anders liegen die Dinge in Mittel- und Südamerika. In den Republiken Mittelamerikas herrscht die schmale Spur von 0,91 m vor und in den Republiken Südamerikas haben 52,2 vH der Eisenbahnen 1 m Spurweite. Gleichzeitig gibt es dort eine große Anzahl Eisenbahnen mit einer Spur von 1,68 m, dem aus Spanien herübergekommenen Maße von 5′ 6″, sowie zahlreiche Eisenbahnen geringerer Spur. Drei Republiken Südamerikas haben gemeinsame Spur und zwar Bolivia, Paraguay und Uruguay, während Chile die größte Verschiedenheit zeigt.

Die Spurweiten in den einzelnen Staaten Südamerikas waren im Jahre 1923 folgende:

Columbia: 1600 km im ganzen; 1330 km mit 0,91 m, 270 km mit 1,0 m Spurweite.

Venezuela: 1040 km im ganzen; 230 km mit 0,60 m, 200 km mit 0,91 m, 260 km mit 1,0 m, 350 km mit 1,06 m.

Ecuador: 960 km im ganzen; 140 km mit 0,76, 820 km mit 1,06 m.

Peru: 3040 km im ganzen; 70 km mit 0,60 m, 60 km mit 0,76 m, 520 km mit 0,91 m, 220 km mit 1,0 m, 2170 km mit 1,44 m.

Bolivia: 2260 km im ganzen mit 1,0 m.

Brasilien: 30 010 km im ganzen; 570 km mit 0,60 m, 720 km mit 0,76, 26 990 km mit 1,0, 110 km mit 1,44 m, 1620 km mit 1,60 m.

Chile: 9500 km im ganzen; 360 km mit 0,60 m, 650 km mit 0,76 m, 4400 km mit 1,0 m, 470 km mit 1,06 m, 160 km mit 1,27 m, 760 km mit 1,44 m, 2700 km mit 1,68 m.

Paraguay: 870 km im ganzen mit 1,44 m.

Uruguay: 2670 km im ganzen; 20 km mit 0,76 m, 50 km mit 0,91 m, 2600 km mit 1,44 m.

Argentinien: 36 330 km im ganzen; 11 760 km mit 1,0 m, 2870 km mit 1,44 m, 21 700 km mit 1,68 m.

Um den schweren Unzuträglichkeiten im inneren und äußeren Verkehr durch die Verschiedenheiten der Spur zu begegnen, hat sich der erste Südamerikanische Eisenbahnkongreß 1910 bereits mit der Frage der Vereinheitlichung beschäftigt, jedoch ohne praktisches Ergebnis. Der zweite Kongreß 1922 hat folgende Entschließungen gefaßt:

1. Es gibt keinen theoretischen Grund der Bevorzugung einer bestimmten Spurweite.
2. Die Wahl der Spurweite muß sich vollziehen mit Rücksicht auf die bereits vorhandenen Linien und auf diejenigen, die noch mit ihnen in Verbindung gebracht werden müssen oder können.
3. In jedem Fall ist die Spur vorzuziehen, die mit dem größten Prozentsatz in dem Eisenbahnnetz jeden Landes vertreten ist.

Darüber hinausgehend hatte sich schon 1906 ein panamerikanischer Kongreß in Washington mit der Vereinheitlichung der Spur auf dem ganzen Erdteil beschäftigt und war zu ähnlichen Schlüssen gekommen. Es sollten von jeder Regierung von Amerika Pläne der Eisenbahnen im Betrieb und im Bau und eine Denkschrift über sie unter Angabe ihrer Bedeutung, Spurweite, Länge usw. aufgestellt werden und aus allen diesen Grundlagen ein Übersichtatlas des Eisenbahnnetzes des Kontinents von Amerika geschaffen werden. Auf Grund dieser Unterlagen sollte die Frage der Vereinheitlichung der Spurweiten durch einen zwischenstaatlichen Ausschuß geprüft werden. Diese gute Absicht ist leider trotz ihrer Zweckmäßigkeit und der Möglichkeit, sie leicht zu verwirklichen, bisher nicht in die Tat umgesetzt worden. [N 502] Bu.

Die Technik des Rundfunkempfangs.

Von Dr. P. Gehne und Dr. W. Mönch, Berlin.

Die hauptsächlichsten Bestandteile der Rundfunkempfangseinrichtungen, die Antennen, Abstimmvorrichtungen, Detektoren, Kathodenröhren sowie die verschiedenen bei Detektor- und Röhrenempfängern verwendeten Schaltungen werden erklärt, wobei die theoretischen Grundlagen ausführlich erläutert sind.

Bereits die am Ende des vorigen Jahres in Berlin abgehaltene erste Große Deutsche Funkausstellung hatte den erfreulichen Beweis geliefert, daß es der deutschen Funkindustrie in verhältnismäßig kurzer Zeit gelungen ist, den zeitlichen Vorsprung, den die ausländische Industrie, insbesondere die englische und amerikanische infolge der in diesen Ländern wesentlich früher erfolgten Einführung des Unterhaltungs-Rundfunks gewonnnen hatte, einzuholen. Die zweite Ausstellung, die vor einigen Wochen stattgefunden hat, ließ diesen Fortschritt noch deutlicher erkennen.

Der große Umfang der Ausstellungen hatte auch bei dem technischen Laien den Eindruck hervorgerufen, daß hier in wenig mehr denn Jahresfrist ein ganz neuer Industriezweig zu einer nicht zu unterschätzenden Bedeutung emporgeblüht war. Schon im vorigen Jahre gab die Güte der ausgestellten Erzeugnisse, sofern es sich wenigstens um fertige Empfangsgeräte handelte, ein durchaus zufriedenstellendes Bild. Weniger erfreulich schien es noch um die Güte der Einzel- und Zubehörteile auszusehen. Daß hier noch, verglichen mit der ausländischen Erzeugung, manches zu wünschen übrig blieb, liegt u. a. wohl in erster Linie daran, daß es auf diesem Gebiet anscheinend noch vollkommen an einer Normung und einheitlichen Organisation der Herstellung mangelt.

Es wird für viele erwünscht sein, sich im gegenwärtigen Zeitpunkt kurz über den Stand der Rundfunktechnik unterrichten zu können.

Die Empfangsantennen.

Das Glied, das die Verbindung der Empfangseinrichtung mit dem Äther, dem Sitz der vom Sender ausgestrahlten Schwingungen vermittelt, ist die Antenne. Die älteste, meist verbreitete und wirksamste Antenne ist die offene. Ihr Hauptvertreter, die Hochantenne, besteht für gewöhnlich aus einem oder mehreren in annähernd wagerechter Richtung in möglichst großer Höhe ausgespannten Drähten, die an ihren Aufhängepunkten durch Einschaltung von Isolatoren isoliert sind und die über die sogenannte Niederführung auf möglichst kurzem und geradlinigem Wege mit dem Empfänger verbunden ist. Dort, wo diese Niederführung durch die Wand, Fensterrahmen oder dergl. in die Wohnung geführt wird, benutzt man Durchführungsisolatoren. Je nachdem die Niederführung von der Antenne an einem Ende der Luftdrähte oder in der Mitte dieser Drähte angeschlossen ist, nennt man sie L- oder T-Antennen. Während die T-Antenne irgendwelche Richterscheinungen (Bevorzugung des Empfanges aus einer bestimmten Richtung) nicht aufweist, zeigt die L-Antenne unter Umständen bevorzugten Empfang aus d e r Richtung, die ihrem freien Ende entgegengesetzt ist, eine Erscheinung, die allerdings in vielen Fällen, besonders bei den in den Städten auf Dächern angebrachten Antennen, gar nicht oder nur in sehr undeutlicher Form zutage tritt. Falls statt eines wagerechten Drahtes deren mehrere benutzt werden, soll ihr gegenseitiger Abstand wenigstens 80 cm, am besten 1,5 m betragen. Das Anbringen mehrerer Drähte in geringerem Abstand, das man häufig beobachten kann, ist zwecklos. Es empfiehlt sich bei Anwendung mehrdrähtiger Antennen, jeden Draht mit einer gesonderten Niederführung zu versehen und diese einzelnen Niederführungen erst möglichst unmittelbar vor der Einführung zu vereinigen.

Außer der Antenne ist eine Erdleitung erforderlich, die im Fall einer Hochantenne ganz besonders sorgfältig herzustellen ist, damit atmosphärische Aufladungen der Antenne eine sichere Ableitung zur Erde finden können und etwaige Blitzeinschläge, die allerdings bei sachgemäß angelegten Antennen sehr selten sind, gefahrlos verlaufen. Wenn irgend angängig, bringe man bei Verwendung einer Hochantenne die Erdleitung außerhalb des Gebäudes an, führe sie möglichst geradlinig zu einem Wasserleitungsrohr oder zu einem in das Grundwasser versenkten Drahtnetz oder dergleichen. Ferner ist ein Schalter anzubringen, der bei Nichtgebrauch der Empfangsanordnung eine zuverlässige Verbindung der Antenne mit der Erde gestattet. Auch dieser Schalter ist möglichst außerhalb des Gebäudes, andernfalls aber unmittelbar hinter der Einführung anzuordnen. Empfehlenswert ist auch die Anwendung einer Blitzschutzsicherung, die in Gestalt einer kurzen Funkenstrecke, am besten in einem luftleeren Glasrohr, auch bei nicht geschlossenem Erdungsschalter das Abfließen stärkerer elektrischer Aufladungen zur Erde ermöglicht.

Ein in vielen Fällen ausreichender Ersatz für die Hochantenne ist die sogenannte Zimmerantenne. Diese ist im Wesen der Hochantenne ähnlich und besteht wie diese aus einer Anzahl wagerecht gespannter Drähte, die an passender Stelle in der Wohnung oder besser unter dem Dache angebracht werden. Auch diese Drähte sind zu isolieren, wenn auch bei ihnen an die Isolation weniger hohe Ansprüche gestellt zu werden brauchen. In der Form weicht die Zimmerantenne häufig von der Hochantenne mehr oder weniger ab. Der wagerechte Draht kann, der Lage der Zimmer entsprechend, in mehreren Knicken geführt werden. Da, wo mehrere in etwa eineinhalb Meter Abstand gespannte Drähte nicht angebracht werden können, ist eine Anordnung empfehlenswert, bei der der eine Draht (es genügt Kupferdraht von 0,5 mm Durchmesser) etwa 20 cm unterhalb der Zimmerdecke und in 10 bis 20 cm Abstand von der Wand rings um das Zimmer oder auch rings um mehrere Zimmer geführt wird. Die Zuführungsleitung zweigt von beliebiger Stelle eines solchen Drahtvierecks ab. Auch bei Zimmerantennen ist es zwecklos, mehrere Drähte in weniger als 0,75 m Abstand anzubringen.

Was die Blitzschutzleitung anbetrifft, so sind die Anforderungen an diese, besonders, falls die Antenne sich unmittelbar unter dem Hausdach befindet, nicht wesentlich geringer als bei der Hochantenne. Bei reinen Zimmerantennen ist besondere Vorsicht nicht erforderlich, als Erdung genügt dann der Anschluß des Apparates an die Wasserleitung (auch Gasleitung, Zentralheizung, Dachrinne usw.). Sehr oft kann auch die elektrische Hausklingelleitung als Antenne benutzt werden. Ebenso erweist sich die Lichtleitung in vielen Fällen als brauchbar, doch ist dann zwischen Leitung und Apparat ein durchschlagsicherer Kondensator von etwa 300 bis 1000 cm Kapazität einzuschalten. Es empfiehlt sich, die für diesen Zweck besonders hergestellten käuflichen Anschlußkondensatoren zu benutzen.

In ihrer Wirkungsweise und ihrem Aufbau von den Hoch- und Zimmerantennen wesentlich verschieden ist die Rahmenantenne. Bei ihrer Verwendung ist ein Erdanschluß überhaupt entbehrlich. Die Rahmenantenne stellt eine Drahtspule großen Durchmessers dar. Verwendet werden quadratische oder anders geformte Rahmen von etwa 0,5 bis 1,5 m Seitenlänge, um die ein Draht in 10 bis 20 Windungen herumgeführt ist. Beide Enden der Rahmenantenne werden an die Klemmen des Empfanggerätes geführt, an die sonst Antennen- und Erdleitungen angeschlossen werden. Die Rahmenantenne hat eine scharf ausgeprägte Richtwirkung, und zwar hat der Empfang seinen Höchstwert, wenn die sendende Station in Richtung der Rahmenantenne liegt. Von einem senkrecht dazu liegenden Sender empfängt sie praktisch überhaupt nichts. Von dieser Richtwirkung kann man vorteilhaften Gebrauch machen, wenn man die Rahmenantenne drehbar anordnet. Man kann sich dann durch Einstellen der Antenne von einem störenden Sender ganz befreien. Des weiteren ergibt die Rahmenantenne auch eine verhältnismäßig große Freiheit von den besonders im Sommer häufig

recht lästigen atmosphärischen Störungen und den mannigfachen Störungen der Großstädte (Straßenbahnstörungen usw.). Diesen vorteilhaften Eigenschaften gegenüber steht aber ihre im Vergleich zu den übrigen Antennen außerordentlich geringe Empfangswirkung. In Verbindung mit einfachen Detektorapparaten ist die Rahmenantenne selbst in nächster Nähe des Senders praktisch unbrauchbar, sie setzt die Benutzung einer mehrfachen Hochfrequenzverstärkung voraus.

Die beste Empfangswirkung gibt, wie gesagt, die Hochantenne, die bei günstiger Lage in großer Höhe auch in Entfernungen von über 50 km vom Sender noch brauchbaren Empfang mit einfachen Detektorapparaten gestattet. In der Nähe des Senders, in einem Umkreise von etwa 10 bis 15 km, ist auch die Zimmer- oder Hilfsantenne noch in Verbindung mit einfachen Detektorapparaten anwendbar. Genaue Angaben lassen sich infolge der außerordentlichen Verschiedenheit der jeweiligen Verhältnisse nicht machen. In größerer Entfernung vom Sender wird man stets zu Röhrenapparaten greifen. Empfänger mit zwei bis drei Röhren und Zimmerantennen ergeben brauchbaren Empfang über Entfernungen bis zu mehreren hundert Kilometern. Mit Vierröhrenapparaten dürfte man je nach der Güte der verwendeten Zimmer- oder Hochantennen fast alle europäischen Telephoniesender, soweit es die örtlichen Verhältnisse (Störungen) überhaupt gestatten, allerorts mit ausreichender Empfangstärke, meistens sogar im Lautsprecher empfangen können.

Die Abstimmung.

In unmittelbarer Verbindung mit der Antennenzuführung und Erdleitung stehen die Abstimmittel des Empfängers. Diese haben die Aufgabe, die Eigenfrequenz des Antennenkreises mit der des Senders in Übereinstimmung zu bringen, d. h. Resonanz herzustellen. Die Eigenschwingung eines elektrischen Schwingungskreises wird bestimmt durch die Selbstinduktion und die Kapazität dieses Kreises. Die Selbstinduktion der Antenne und der Erdleitung ist im allgemeinen, da es sich im wesentlichen um geradlinig verlaufende Leitungen handelt, gering. Dagegen kann die Kapazität der Antenne gegen Erde beträchtliche Größen annehmen, sie liegt bei den üblichen Rundfunkantennen in einer Größenordnung von etwa 300 bis 1000 cm. Als Abstimmittel dienen Spulen und Kondensatoren. Als Spulen benutzt man feste oder veränderliche Spulen oder als Ersatz für die letzteren auswechselbare Spulensätze. Die bekanntesten und verbreitetsten dieser auswechselbaren Spulen sind die Honigwabenspulen. Die besondere Form der Spulen geht aus dem Bestreben hervor, ihnen eine möglichst geringe Eigenkapazität zu geben. Die Abstimmkondensatoren sind meist veränderlich und gewöhnlich als sogenannte Drehkondensatoren ausgebildet, die aus einem beweglichen und einem festen Satz paralleler Metallplatten bestehen. Durch Verdrehen des vom festen Plattensatz isolierten drehbaren Satzes können beide Gruppen mehr oder weniger übereinander geschichtet und dadurch die Kapazität der Anordnung vergrößert oder verkleinert werden. Das Dielektrikum zwischen den Platten bildet am vorteilhaftesten Luft, in einigen Fällen verwendet man Glimmer. Die Maximalkapazität der gebräuchlichen und käuflichen Drehkondensatoren beträgt meist 300, 500 und 1000 cm.

Spule und Kondensator können nun in verschiedener Weise zwischen Antenne und Erdleitung gelegt werden. Schaltet man Spule und Kondensator hintereinander wie in Abb. 1, so wird, da in diesem Falle der Kondensator *c* mit der Kapazität der Antenne gegen Erde in Reihe geschaltet ist, die Kapazität der Gesamtanordnung verkleinert, die Eigenschwingung der Anordnung ohne Kondensator verkürzt (sogenannte „Kurz"-Schaltung). Schaltet man den Kondensator parallel zur Spule, Abb. 2, so liegt seine Kapazität parallel zur Antennenkapazität, bewirkt daher eine Vergrößerung der gesamten Kapazität und eine Verlängerung der Eigenwelle („Lang"-Schaltung). Bei käuflichen Geräten ist vielfach eine Umschaltung vorgesehen, die einen schnellen Wechsel zwischen den beiden Schaltungen gestattet, Abb. 3. Das bietet den Vorteil, daß man unter Verwendung der gleichen Abstimmittel zwei verschiedene, sich aber nicht überdeckende Wellenbereiche erhält. In Abb. 4 ist eine Abstimmschaltung dargestellt, die als Abstimmittel lediglich eine veränderliche Spule (sog. Schiebespule) enthält, in Abb. 5 eine Schaltung mit Variometer, das aus zwei ineinander verdrehbaren, hintereinander geschalteten Spulen besteht, die je nach ihrer gegenseitigen Lage eine größere oder kleinere resultierende Selbstinduktion haben. In diesen Fällen verzichtet man meist auf die Einschaltung eines besonderen Kondensators in die Antenne, begnügt sich also mit deren Eigenkapazität, doch ist es selbstverständlich auch möglich, in Verbindung mit einer veränderlichen Spule auch feste oder veränderliche Kondensatoren, in der gleichen Weise wie in Abb. 1 und 2 dargestellt, zu verwenden.

Die Verbindung der Abstimmittel mit der eigentlichen Empfangsvorrichtung seien im folgenden in einigen Hauptarten am Beispiel eines einfachen Detektorempfängers erläutert. Bei der einfachsten Form, der sogenannten galvanischen Koppelung, werden parallel zur Abstimmspule (bzw. zu einem Teil davon) Detektor und Telephon, beide in Reihe liegend und das Telephon überbrückt durch einen kleinen, festen Kondensator, geschaltet. Da hierbei die in der Antenne erzeugten Schwingungen Spannungsunterschiede an den Enden der Spule hervorrufen, wird im Detektorkreise ein Strom entstehen, der nach Gleichrichtung durch den Detektor im Telephon hörbar wird. In vielen Fällen ist es zweckmäßig, einen der Anschlußpunkte an der Antennenspule veränderlich zu machen, wodurch man den Koppelungsgrad des Detektorkreises mit der Antenne verändern kann. Abb. 6 zeigt das Beispiel einer induktiven Koppelung zwischen Antenne und Detektorkreis. Bei dieser wählt man die Koppelungsspulen im Detektorkreis meist mit etwas höherer Windungszahl und aus dünnerem Draht als die Antennenspule und erzielt die Veränderung der Koppelung durch gegenseitiges Verdrehen oder Verschieben beider Spulen gegeneinander.

Legt man auf große Störfreiheit Wert, so koppelt man den Detektor nicht unmittelbar mit dem Antennenkreis, sondern über einen weiteren, ebenfalls auf die Empfangswelle abgestimmten (sogenannten „Zwischenkreis"). Dieser Zwischenkreis, ein in sich geschlossener Kreis, besteht wie jeder elektrische Schwingungskreis aus Spule und Kondensator, von denen mindestens e i n Element veränderlich sein muß. Abb. 7 zeigt eine Anordnung, bei der mit der Antenne induktiv ein Zwischenkreis gekoppelt ist, mit dem wiederum der Detektorkreis galvanisch gekoppelt, also metallisch verbunden ist.

Abb. 1. Spule und Kondensator hintereinander.

Abb. 2. Spule und Kondensator parallel.

Abb. 3. Wechsel von Hintereinander- und Parallelschaltung.

Abb. 4. Schiebespule ohne Kondensator.

Abb. 5. Schaltung mit Variometer.

Abb. 1 bis 5. Verschiedene Schaltungen von Spule und Kondensator.
a Antenne *l* Selbstinduktionsspule *c* Kondensator.

Unter Umständen ist es sehr vorteilhaft, mit einer nicht abgestimmten Antenne, die dann meist mit einem abgestimmten Kreise verhältnismäßig lose gekoppelt ist, zu arbeiten. Das Beispiel einer solchen Schaltung mit sogenannter aperiodischer Antenne zeigt Abb. 8. Die Antenne enthält in diesem Falle nur wenige (4 bis 8) Windungen. Sie ist daher eigentlich nicht aperiodisch, sondern in Wirklichkeit auf eine sehr kurze Welle abgestimmt. Das hat den Vorteil, daß die Antenne durch atmosphärische Entladungen (Straßenbahnstörungen usw.) in ihrer sehr kurzen Eigenwelle ausschwingt und die Energie nur schwach auf den nicht mit der Antenne in Resonanz befindlichen Empfangskreis übergeht. Allerdings müssen für diesen Zweck zur Erzielung genügender Empfangswirkungen möglichst wirksame Antennen (Hochantennen) verwandt werden. In der Praxis verfährt man häufig so, daß man über die Windungen der Abstimmspule unmittelbar die wenigen Windungen der Antennenspule wickelt.

Wie bereits erwähnt wurde, müssen bei Hochantennen, deren Selbstinduktion ja außerordentlich gering ist, stets Spulen als Abstimmittel verwendet werden, während unter Umständen auf einen besonderen Kondensator verzichtet werden kann. Dagegen ist bei der Verwendung von Rahmenantennen, die im Gegensatz zu Hochantennen eine Selbstinduktion bei verschwindend kleiner Kapazität darstellen, ein Abstimmkondensator notwendig, der parallel zur Rahmenantenne geschaltet ist. Die Rahmenantenne wird gewöhnlich nach Abb. 9 mit dem Empfänger verbunden.

Detektor und Detektorempfänger.

Die Frequenz der vom Sender ausgehenden, sich in Gestalt elektrischer Wellen durch den Raum ausbreitenden und ebenso der dadurch in der Empfangsantenne angeregten elektrischen Schwingungen ist bekanntlich außerordentlich hoch. Sie liegt für die allgemein im Rundfunk üblichen Wellen in der Größenordnung von einer Million Schwingungen in der Sekunde.

Diesen hochfrequenten Schwingungen sind mittelfrequente, den akustischen Schwingungen entsprechende „aufgedrückt“, d. h. die Amplituden der hochfrequenten Schwingungen verändern sich im Takte dieser akustischen Schwingungen. Die Membran des Telephons ist aber ebenso wenig wie das menschliche Ohr imstande, diesen außerordentlich schnell verlaufenden hochfrequenten Wechseln zu folgen. Sie müssen vielmehr zunächst gleichgerichtet werden, so daß sie einen im Takt der elektrischen Schwingungen veränderlichen Gleichstrom darstellen. Dieser wird dann dem Telephon zugeführt, das seinerseits diesen pulsierenden Strom in bekannter Weise wieder in Schallschwingungen umsetzt.

Die für die Gleichrichtung der hochfrequenten elektrischen Schwingungen dienenden Vorrichtungen bezeichnet man im allgemeinen als Detektoren. Die einfachste und lange Zeit gebräuchlichste Form dieser Detektoren bildet der Kristalldetektor, der, nachdem er schon fast durch die in ihrer Wirkung wesentlich überlegene Kathodenröhre verdrängt schien, neuerdings durch den Rundfunk als bequemes und billigstes Hilfsmittel für den Empfang am Senderorte wieder zu Ehren gekommen ist.

Der Detektor besteht in seiner einfachsten Form aus einem in einer Metallkapsel gefaßten (besser mittels Woodschen Metalls eingelöteten) Kristall, den eine Metallspitze punktförmig berührt. Die gebräuchlichsten Kristalle dieser Art sind Silizium, Bleiglanz, Rotzinkerz, Kupferkies, und zwar in den Verbindungen Silizium-Metall, Bleiglanz-Metall, Rotzinkerz-Metall; als Metalle kommen Kupfer, Bronze, auch Silber und Gold ohne große Unterschiede in der Wirkung zur Verwendung. Ein Kristalldetektor, bei dem beide Elektroden Kristalle sind, stellt die Verbindung Rotzinkerz-Kupferkies dar. Am empfindlichsten (lautstärksten) gilt im allgemeinen die Verbindung Bleiglanz-Metall. Dabei findet man erhebliche Unterschiede bei Bleiglanzsorten verschiedener Herkunft, auch ist der Bleiglanz durchaus nicht etwa an jeder Stelle seiner Oberfläche wirksam, sondern nur in bestimmten empfindlichen Punkten. Dieser Verbindung steht der Detektor aus Kupferkies und Rotzinkerz an Empfindlichkeit wenig nach; er läßt sich aber, da er fast an allen Stellen wirksam ist und da er größeren Druck verträgt, leichter einstellen. Die neuerdings unter den verschiedensten Phantasienamen in den Handel gebrachten Detektorkristalle sind, soweit es sich nicht überhaupt um gewöhnliches Silizium oder um Bleiglanz handelt, im allgemeinen künstliche Bleiglanzkristalle. Sie sind entweder aus Blei oder Schwefel synthetisch hergestellt oder durch Umschmelzen natürlichen Bleiglanzes erhalten. Ihre Empfindlichkeit ist im allgemeinen gleich der eines guten und sorgfältig eingestellten Bleiglanzkristalles, doch ist ihre Einstellung, da die Zahl der empfindlichen Punkte vielfach wesentlich größer ist, recht bequem. „Wunder-Kristalle“ von „unerhörter Reichweite“ gibt es nicht.

a Antenne
l, l' Spulen
c Kondensator
d Detektor
t Telephon.

Abb. 8. Schaltung mit sogenannter aperiodischer Antenne.

Abb. 9. Schaltung der Rahmenantenne.

Abb. 6. Induktive Kopplung zwischen Antenne und Detektorkreis.

Abb. 7. Kopplung des Detektors mit Zwischenkreis.

a Antenne c c' Kondensator l Selbstinduktionsspule
l' l'' Induktionsspulen d Detektor t Fernsprecher.

Kristalldetektoren kommen in den mannigfaltigsten Ausführungssorten auf den Markt. Zweck der verschiedenen Ausführungsformen ist es, ein möglichst vielseitiges, einfaches und genaues Einstellen herbeizuführen, was man durch Kugelgelenke, verschiebbare Anordnung oder Drehbarkeit der Elektrodenhalter, durch Anbringen von Zahntrieben usw. zu bewerkstelligen sucht. Neuerdings erfreuen sich sogenannte Patronendetektoren besonderer Beliebtheit. Sie bestehen meist aus einem in einem kleinen Röhrchen fest eingebauten Detektor (vielfach Kupferkies-Rotzinkerz), der, falls er nach längerer Zeit versagen sollte, einfach durch eine neue Patrone ersetzt wird.

Zu den übrigen Bestandteilen eines Detektorempfängers gehören einfache Abstimmittel in irgendeiner der eingangs beschriebenen Zusammenstellungen; im allereinfachsten Fall eine Schiebespule, an deren Enden Antenne und Erdleitung angeschlossen sind. Die Antennenspule wird mit Detektor und Fernsprecher in einer der oben dargestellten Weisen verbunden. Zweckmäßig wird dabei der Fernsprecher durch einen kleinen festen Kondensator von 1000 bis 2000 cm Kapazität überbrückt, damit den im Detektorkreise verlaufenden hochfrequenten Schwingungen ein bequemer Weg dargeboten wird. Allerdings kann dieser Kondensator oft ohne Schaden fortgelassen werden, da das Telephon selbst und die Zuführungsschnüre meistens eine genügend große Kapazität darstellen.

Die Kathodenröhre.

Dem Kristalldetektor an Wirkung überlegen ist die Kathodenstrahlröhre, deren Einführung in die Hochfrequenztechnik im Krieg eine vollkommene Umwälzung der Empfangstechnik und der Sendetechnik hervorgerufen hat. Hier sei nur die Empfangsröhre beschrieben, und zwar nur

in ihrer grundsätzlichen Form. Sie besteht aus einem sehr weitgehend luftleer gemachten Glasgefäß, in das drei Elektroden eingeschmolzen sind, deren erste, die Kathode, aus einem dünnen Draht (meist Wolfram) besteht, der inmitten der Röhre gradlinig zwischen zwei in die Röhrenwand eingeschmolzenen Zuführungsleitungen ausgespannt ist. Dieser dünne Draht ist konzentrisch in geringem Abstand umgeben von dem sogenannten Gitter, das meist aus einem schraubenförmig gewundenen Draht hergestellt ist. Das Gitter ist mit einer ebenfalls in die Glaswandung eingeschmolzenen, nach außen führenden Zuleitung versehen. Wiederum konzentrisch zum Gitter liegt die Anode in Form eines zylindrischen Bleches, ebenfalls mit einer durch die Glaswand geschmolzenen Zuführung nach außen. Die ganze Röhre ist auf einem Metallsockel aufgebaut, die vier Zuführungsleitungen: zwei für die Kathode, eine für das Gitter und eine für die Anode, enden in Stiften am unteren Ende des Röhrensockels.

Zum Betrieb der Röhre ist zunächst eine Heizbatterie von je nach der Röhrenart 2 bis 6 V Spannung erforderlich. An diese Batterie werden die beiden Enden der Kathode über einen Regelwiderstand angeschlossen. Auf diese Weise wird die Kathode ähnlich wie der Faden einer elektrischen Glühlampe bis zum Glühen erhitzt.

Es ist eigenartig, welchen Weg die Technik bei der Herstellung der Heizfäden geschritten ist. Während bei der Vorläuferin der Hochvakuumröhre, der sogenannten „Liebenröhre", die Lieferung der Elektronen durch ein mit den Oxyden der Bariumreihe bestrichenes Platinband erreicht wurde, fanden in den Hochvakuumröhren zunächst nur Wolframfäden oder -drähte Verwendung, die auf Weißglut erhitzt wurden. Neuerdings ist man nun wieder zu der nach dem Erfinder benannten „Wehnelt-Kathode" zurückgekehrt und verwendet nach besondren Verfahren hergestellte mit Oxyden überzogene Drähte als Heizfäden, die neben dem Vorteil, außerordentlich stark Elektronen auszustrahlen, noch den weiteren verbinden, nicht auf Weißglut erhitzt werden zu müssen, so daß gleichzeitig ganz bedeutend an Heizenergie gespart wird. Im übrigen ist, falls man nicht dadurch, daß man die für jede Röhre angegebenen Heizstromstärken bzw. Heizspannungen überschreitet, ein sehr schnelles Ende der Röhre herbeiführt, die Lebensdauer mindestens die gleiche wie die der gewöhnlichen Wolframdrahtröhre. Die erforderlichen Heizenergien bei den verschiedenen Röhren betragen etwa 1,5 Watt für die einfache Wolframröhre gegen etwa 0,2 Watt bei der sogenannten Sparröhre.

Abb. 10. Anodenstrom in Abhängigkeit von der Anodenspannung.

Von dem glühenden Draht gehen nun wie von jedem glühenden Körper Elektronen aus, die sich, falls keine andern Kräfte auf sie einwirken, in Gestalt einer Wolke um den Glühdraht lagern. Für den Betrieb der Röhre ist als zweite Batterie die sogenannte Anodenbatterie, für gewöhnlich eine Trockenbatterie aus kleinen Zellen von etwa 50 bis 100 V Spannung, erforderlich. Legt man eine solche Batterie mit ihrem negativen Pol an die Kathode, mit dem positiven Pol an die Anode, so werden nunmehr unter dem Einfluß des elektrischen Feldes im Innern der Röhre die um die Kathode herum gelagerten Elektronen zur Anode hingetrieben und es entsteht, wenn man zunächst einmal von der Wirkung des Gitters absieht, ein die Röhre gleichförmig durchfließender elektrischer Strom.

Legt man nun zwischen Gitter und Kathode elektrische Spannungen, so ist leicht einzusehen, daß eine an das Gitter gelegte positive Spannung die Bewegung der Elektronen unterstützen, eine negative Spannung die Elektronen in ihrer Bewegung infolge der abstoßenden Wirkung hemmen wird. Da insbesondere beim Anlegen negativer Spannungen bestimmter Größe am Gitter ein eigentlicher Leitungsstrom zwischen Gitter und Kathode gar nicht auftreten kann, ist der durch die Spannungen am Gitter hervorgerufene Energieverbrauch außerordentlich klein, und es gelingt auf diese Weise bei geeigneter Wahl der mittleren Gittervorspannung unter Verwendung sehr kleiner Energien, erhebliche Schwankungen des im Vergleich zum Strom zwischen Gitter und Kathode beträchtlich großen Anodenstromes herbeizuführen. Man ist also imstande, mit ganz geringen „Steuerenergien" erhebliche Nutzleistungen zu „steuern". Führt man beispielsweise Sprechströme von einer Energie, die an sich nicht mehr ausreicht, eine Telephonmembran in merkliche Schwingungen zu versetzen, Gitter und Kathode einer solchen Röhre zu und schaltet in den Stromkreis der Anodenbatterie den Fernsprecher ein, so können die durch die kleine Steuerenergie ausgelösten wesentlich größeren Stromschwankungen des Anodenstromes recht beträchtliche Schallwirkungen des Telephons verursachen.

Auf dieser Wirkung der Kathodenröhre beruht ihre Verwendung als Verstärker schwacher Ströme beliebiger Frequenz.

Bei der Benutzung für Verstärkerzwecke ist es von Wichtigkeit, über die Art der Abhängigkeit des Anodenstromes von der Gitterspannung Klarheit zu haben. Für eine eingehende Darstellung der Theorie der Elektronenröhren mangelt es an dieser Stelle an Raum. Es kann nur eine kurze Darlegung der grundsätzlichen Wirkungsweise gegeben werden, im übrigen muß auf die Fachliteratur verwiesen werden[1]).

Wie bereits bemerkt, entsteht infolge der Elektronenausstrahlung der glühenden Kathode eine Elektronenwolke um diese Kathode herum. Diese Elektronenwolke stellt eine räumliche negative elektrische Ladung, sogenannte Raumladung dar, die nun auf die nachfolgenden, von der Kathode ausgehenden Elektronen abstoßend wirkt und einer weiteren Elektronenemission dadurch entgegenwirkt.

Auf diesen Raumladungseffekt ist es zurückzuführen, daß bei Anlegen einer positiven Spannung an die Anode nicht sofort alle im Augenblick gebildeten Elektronen zur Anode abgeführt werden, sondern nur in dem Maße, wie durch die positive Anodenspannung der Raumladungseffekt überwunden wird. Infolgedessen steigt die Kurve, die den Anodenstrom als Funktion der Anodenspannung darstellt, nicht senkrecht, sondern allmählich an. In ganz ähnlicher Weise wie von der Anodenspannung hängt der Anodenstrom auch von der Gitterspannung ab. Diese für den drahtlosen Empfang unter Verwendung der Elektronenröhren mit Steuergitter wichtige Kurve ist in Abb. 10 für eine bestimmte Röhrenart wiedergegeben. Man sieht, wie der Anodenstrom bei zunehmender Gitterspannung erst sehr langsam, dann allmählich steiler ansteigt und sich schließlich einem Grenzwert nähert. Dieser Grenzwert stellt den sogenannten Sättigungsstrom dar. Er ist im allgemeinen dann erreicht, wenn sämtliche ausgestrahlten Elektronen sofort und restlos zur Anode abgeführt werden, die Ausbildung einer ruhenden Elektronenwolke um die Kathode also praktisch nicht mehr zustande kommt.

Die Gestalt der Kurve ändert sich bei wechselnder Anodenspannung nur unerheblich; die Charakteristik der Röhre wird bei Erhöhung der Anodenspannung parallel zu sich selbst nach links verschoben, wie das die punktiert bezeichnete Kurve in Abb. 10 zeigt.

Wie die Kurve vermuten läßt, ist man in der Lage, durch Anlegen einer bestimmten Vorspannung an das Gitter der Röhre im Ruhezustande die Röhre in einem gewünschten Gebiet der Charakteristik arbeiten zu lassen. So wird man insbesondere dann, wenn man die Röhre als Verstärker benutzen will, das Arbeitsgebiet in den mittleren, geradlinigen Teil der Kurve verlegen. Denn an dieser Stelle löst, da die Kurve hier geradlinig verläuft, eine wechselnde Gitterspannung zunächst einen verhältnisgleich wechselnden Anodenstrom aus, dessen

[1]) H. Barkhausen, Elektronenröhren. Leipzig 1924. Möller, Die Elektronenröhren und ihre Anwendungen, Vieweg, Braunschweig. Die neueste und ausführlichste Zusammenstellung gibt der von H. Rukop bearbeitete Abschnitt über Vakuumröhren im Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie von Zenneck u. Rukop, Stuttgart 1925; kurz und mehr allgemeinverständlich: H. R. Riepka, Die Röhre und ihre Anwendung. Berlin 1924.

Abb. 11. Modulierte Hochfrequenzschwingungen.

Abb. 12. Verlauf der Gitterspannung.

Abb. 13. Verlauf des Anodenstromes.

Abb. 14. Schwingungen im Telephon unter Einwirkung des Anodenstromes.

Abb. 15. Induktive Rückkopplung.

a Antenne
c Kondensator
l, l' Spulen.
hb Heizbatterie
hw Heizwiderstand
ab Anodenbatterie
f Kathode
g Gitter
an Anode
gc Gitterkondensator
w Ableitungswiderstand
rk Rückkopplungsspule.

Abb. 16. Schaltung mit gemischt kapazitiver und induktiver Rückkopplung.

a Antenne
l, rl Spulen
rc Rückkopplungskondensator
c Kondensator
gc Gitterkondensator
g Gitter
f Kathode
an Anode
hw Heizwiderstand
hb Heizbatterie
ab Anodenbatterie
t Telephon
p Punkt des Anodenkreises.

Schwankungen außerdem infolge der größten Steilheit der Kurve am größten sind.

Beim Arbeiten am oberen oder unteren Knick der Charakteristik würde sich, wie man ohne weiteres erkennt, eine verhältnisgleiche Verstärkung von dem Gitter zugeführten Wechselspannungen nicht ergeben, vielmehr würde eine Stromrichtung bevorzugt werden, d. h. praktisch eine Gleichrichterwirkung erzielt. Es ist verständlich, daß man von dieser Gleichrichterwirkung der Röhre Gebrauch machen kann, wenn man die Röhre als Detektor arbeiten läßt. Für gewöhnlich bedient man sich jedoch für diesen Zweck einer andern Anordnung, der sogenannten Audionschaltung, die auf der nichtlinearen Abhängigkeit des Gitterstromes von der Gitterspannung beruht. Ein Gitterstrom tritt stets dann und nur dann auf, wenn das Gitter gegenüber der Kathode eine positive Spannung hat, denn nur dann können die negativ geladenen Elektronen von der Kathode auf das Gitter gelangen. Um die Audionwirkung (Detektorwirkung) zu erzielen, unterbricht man den Gitterkreis durch einen Kondensator von einigen hundert Zentimetern Kapazität und sorgt für langsame Gitterentladung durch einen sehr hohen Widerstand (etwa 1 Megohm). Werden nun dem Gitter Hochfrequenzschwingungen zugeführt, so entstehen abwechselnd positive und negative Aufladungen des Gitterkondensators. Jedesmal in dem Augenblick, wo das Gitter positiv wird, kann ein Gitterstrom fließen; dann neutralisieren die von der Kathode kommenden Elektronen die positive Gitterladung mit dem Ergebnis, daß nunmehr eine negative Aufladung des Gitters bestehen bleibt. Diese Aufladung wird bei jedem neuen Wechsel erhöht und das Gitter würde schließlich derart negativ aufgeladen werden, daß es den Anodenstrom gänzlich abdrosseln würde. Nun kann aber über den Ableitungswiderstand die negative Ladung des Kondensators langsam abfließen. Infolgedessen wird die negative Ladung des Gitters wachsen, solange die Amplituden der dem Gitter zugeführten Wechselspannung zunehmen, dagegen wird bei Abnahme der Amplituden die Wirkung des Ableitungswiderstandes überwiegen und so die Gitterspannung sich wieder dem Nullwert nähern.

Diese Vorgänge und die sich daraus ergebenden Wirkungen sind in Abb. 11 bis 14 dargestellt. Abb. 11 stellt modulierte Hochfrequenzschwingungen, also solche mit wechselnder Amplitude dar, wie sie etwa beim Rundfunk auftreten, wo die Hochfrequenzschwingung im Takt akustischer Schwingungen moduliert ist. Abb. 12 stellt den sich hieraus ergebenden Verlauf der Gitterspannung und Abb. 13 den dadurch bedingten Verlauf des Anodenstromes dar.

Wenn dieser Anodenstrom dem Fernsprecher zugeführt wird, so kommen in diesem, da die Membran den schnell verlaufenden Hochfrequenzschwingungen nicht folgen kann, die Mittelwerte dieses Anodenstromes zur Wirkung, die in Abb. 14 dargestellt sind. Man sieht sofort, daß diese in ihrem Verlauf durchaus mit der den Senderschwingungen aufgedrückten Modulierungsfrequenz übereinstimmt. Diese Wiedergewinnung der Modulierungsfrequenz aus den modulierten Hochfrequenzschwingungen ist aber gerade die Aufgabe eines Detektors. Diese Aufgabe wird auch vom Kristalldetektor gelöst, die überlegene Wirkung des Audions dem Detektor gegenüber beruht aber auf dem Umstande, daß das Audion nicht nur als Detektor, sondern gleichzeitig als Verstärker wirkt.

Die verstärkende Wirkung des Audions kann noch ganz außerordentlich durch Anwendung der sogenannten Rückkopplung gesteigert werden, die darauf beruht, daß man die im Anodenkreis einer Röhre auftretenden Schwingungen noch einmal dem Gitterkreise zuführt. Infolgedessen addieren sich diese bereits etwas verstärkten Schwingungen zu den schwachen Primärschwingungen und werden erneut verstärkt.

Die gebräuchlichste Form der Rückkopplung ist die induktive Rückkopplung, Abb. 15, bei der in den Anodenkreis der Röhre eine Spule eingeschaltet ist, die mit der Spule im Gitterkreis gekoppelt ist.

Infolge der durch diese Rückkopplung bewirkten erheblichen Verstärkung gelingt es auch, die dämpfenden Wirkungen, die durch Ohmschen Widerstand der Leitungen, Strahlung und sonstige Verluste bedingt werden, zu überwinden, eine Wirkung, die man daher auch als Dämpfungsverminderung bezeichnet. Man sagt auch, die Röhre stellt einen negativen Widerstand dar, der also von den sonst vorhandenen Widerständen in Abzug zu bringen ist. Treibt man infolge zu fester Rückkopplung diese Dämpfungsverminderung zu weit, so daß die Wirkung der dämpfenden Ursachen vollkommen aufgehoben wird, d. h. macht man den negativen Widerstand gleich oder größer als die positiven Widerstände, so wird die Dämpfung oder der Gesamtwiderstand null oder sogar negativ. Im letzen Falle wird dann die Anordnung selbst elektrische Schwingungen erzeugen.

Dieser Zustand ist für die Audion- und Verstärkerwirkung der Röhre unerwünscht. Einmal ist man nicht

mehr in der Lage, die Amplituden durch äußere Einflüsse wesentlich zu vergrößern, die Empfangswirkung, die ja gerade auf einer solchen Amplitudenbeeinflussung beruht, wird daher schlecht. Sodann ergeben sich aus dem Zusammenwirken der von der Röhre erzeugten Schwingungen mit denen des Senders unangenehme Erscheinungen. Da nämlich im allgemeinen eine genaue Abstimmung des Empfängers auf den Sender nicht besteht, werden die vom Empfänger erzeugten Schwingungen um einen geringen Betrag von denen des Senders verschieden sein. Beide Schwingungen gelangen daher zur Schwebung: es entstehen Schwingungen, deren Frequenz in dem Bereich der hörbaren Frequenzen liegen kann, und die höchst unangenehme Pfeiftöne erzeugen, die sich nicht nur im eigenen Empfänger unangenehm bemerkbar machen, sondern auch wegen der Senderwirkung und der Ausstrahlung durch die Antenne benachbarter Empfänger sehr empfindlich stören.

Außer der erwähnten induktiven Rückkopplung gibt es auch die kapazitive, bei der die Schwingungen des Anodenkreises über einen Kondensator dem Gitterkreise zugeführt werden. In Abb. 16 ist eine Schaltung mit gemischt kapazitiver und induktiver Rückkopplung dargestellt, die im Wesen zuerst in der Literatur von Leithäuser angegeben wurde, dessenungeachtet aber in der volkstümlichen Fachliteratur gewöhnlich als Reinartz-Schaltung bezeichnet wird. Man sieht, wie vom Punkte p des Anodenkreises eine Leitung über den Kondensator zum Gitterkreise geführt ist. Der Grad der Rückkopplung kann durch Veränderung des Kondensators eingestellt werden. Die Spulen l und rl sind durch Stufenschalter veränderlich, wodurch man die Abstimmung und auch den Grad der Rückkopplung regeln kann. Die Verbindung der Antenne mit den Abstimmitteln der in Abb. 16 dargestellten Schaltung zeigt die sog. aperiodische Antennenkopplung.

[B 596] (Schluß folgt.)

Über Prüfung und Eichung von Gleiswagen.

E. Krackau behandelt unter dieser Überschrift in Heft 4 der Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik die Frage der Eichung von Gleiswagen und macht Vorschläge für eine einheitliche Eichung. Die Wage zum Wiegen von Eisenbahnfahrzeugen besteht in der Hauptsache aus der die Last aufnehmenden Wagenbrücke, den verschiedenen Traghebeln mit Auflagern und dem Gewichtanzeigegerät. Man unterscheidet Gleiswagen mit Unterbrechung des Gleises, bei denen das aus dem Gleise herausgeschnittene Stück auf der Wagenbrücke befestigt ist, und solche ohne Unterbrechung. Bei diesen liegt die Brücke innerhalb oder außerhalb des ununterbrochenen Gleises, und bei Hochwinden der Brücke mittels Windwerkes werden die Fahrzeuge an den Spurkränzen von den Schienen gehoben. Der Hub der Brücke, der aus wirtschaftlichen Gründen möglichst gering zu halten ist, beträgt 30 bis 32 mm. Er muß um so größer sein, je größer die Durchbiegung bei voller Belastung ist.

Die Prüfung und Eichung größerer Wagen, insbesondere Gleiswagen, soll nach den bestehenden Eichbestimmungen so vorgenommen werden, daß sie der Höchstbelastung der im Verkehr vorkommenden Belastungen entspricht. Zum Eichen von Gleiswagen besitzt die Reichsbahn besondere Belastungswagen, sogenannte Eichfahrzeuge, die die verschiedensten Wiegelasten und Radstände haben und die, wie ein Vergleich mit den zu wiegenden Güterwagen zeigt, durchweg eine viel ungünstigere Belastung als die praktisch vorkommende Höchstbelastung ergeben. Je nach den Abmessungen der Eichfahrzeuge werden die Gleiswagen unter verschiedenen Bedingungen geprüft, so daß die durch die Belastung erzwungene Durchbiegung der Wagenbrücke verschieden ist. Die Genauigkeit der Wage hängt jedoch von der Durchbiegung ab, und bei großer Durchbiegung wird die zulässige Fehlergrenze überschritten.

Die oberste Eichbehörde, die Physikalisch-Technische Reichsanstalt Abt. I, plant daher, Grenzwerte für die Durchbiegung von Wagenbrücken der Gleiswagen vorzuschreiben. Da man nun die Wagen so schwer bauen müßte, daß für jeden Belastungsfall die Durchbiegung die erlaubte Grenze nicht überschreitet, ist es notwendig, neben der Durchbiegung auch die Belastungsarten bei der Eichung vorzuschreiben. Das könnte am einfachsten durch Verwendung von bestimmten Eichfahrzeugen für die Prüfung genormter Gleiswagen geschehen. Hierzu ist jedoch eine große Zahl von Eichfahrzeugen erforderlich, die die Zahl der vorhandenen übersteigt. Ein zweiter Weg wäre der, daß von der Eichbehörde oder der Reichsbahn die Trägheitsmomente der Brückenträger, von denen die Durchbiegung abhängig ist, vorgeschrieben würde. Dieser Weg ist bei Berücksichtigung der vorhandenen Eichfahrzeuge jedoch auch nicht zu beschreiten.

Es ist aber möglich, mit vorhandenen Eichfahrzeugen die notwendige Gesetzmäßigkeit in die Prüfung von Gleiswagen zu bringen. Zu diesem Zwecke müssen ein oder mehrere Eichfahrzeuge, die mit ihren Abmessungen den zu wiegenden Güterwagen am meisten ähneln, als Normaleichwagen bezeichnet werden. Bei der Prüfung mit einem Eichfahrzeug, das andere Abmessungen als das Normaleichfahrzeug hat, muß die Verteilung der Last so vorgenommen werden, daß die gleiche Durchbiegung der Wagenbrücke erreicht wird wie bei dem Normalfahrzeug. Das Gewicht zum Erreichen derselben Durchbiegung, die das normale Eichfahrzeug verursacht, läßt sich auf einfache Art aus den Gewichten, den Radständen der Fahrzeuge und dem Abstande der Stützpunkte der Brücke berechnen. Es wird vorausgesetzt, daß die Gewichte der Fahrzeuge so verteilt sind, daß sämtliche Raddrücke einander gleich sind. Bezeichnen G_1 das Gewicht des normalen Eichfahrzeuges, G_2 das Gewicht des abnehmenden zweiachsigen Eichfahrzeuges, G_3 das Gewicht des abnehmenden dreiachsigen Eichfahrzeuges, r_1, r_2, r_3 die zugehörigen Radstände, s die Stützweite der Brücke der zu prüfenden Wage, J das Trägheitsmoment der Brückenträger und E den Elastizitätsmodul, dann ergibt sich die Durchbiegung eines Brückenträgers bei Belastung durch das Normaleichfahrzeug zu

$$f_1 = \frac{G_1}{4} \frac{1}{48\,E\,J} \left\{ (s - r_1)(2\,s^2 + 2\,s\,r_1 - r_1^2) \right\},$$

die Durchbiegung durch ein nicht normales abnehmendes zweiachsiges Eichfahrzeug zu

$$f_2 = \frac{G_2}{4} \frac{1}{48\,E\,J} \left\{ (s - r_2)(2\,s^2 + 2\,s\,r_2 - r_2^2) \right\}$$

und die Durchbiegung durch ein nicht normales dreiachsiges Eichfahrzeug zu

$$f_3 = \frac{G_3}{4} \frac{1}{48\,E\,J} \left\{ \frac{1}{1{,}15} \left[s^2 + (s - r_3)\ (2\,s^2 + 2\,s\,r_3 - r_3^2) \right] \right\}.$$

Bezeichnet man die Klammerausdrücke entsprechend den Kennzeichen von f mit a_1, a_2, a_3, so ergibt sich bei gleicher Durchbiegung, also für $f_1 = f_2 = f_3$, $G_2 = \frac{G_1\,a_1}{a_2}$ oder $G_3 = \frac{G_1\,a_1}{a_3}$. Um den Eichbeamten die Aufgabe zu erleichtern, empfiehlt es sich, die Werte a_1, a_2 und a_3 in Zahlentafeln für verschiedene vorkommende Werte auszurechnen, so daß sie durch Einsetzen in die obigen Formeln die Gewichte G_2 und G_3 auf einfache Art berechnen können.

Für den praktischen Gebrauch ist es jedoch zweckmäßig, für bestimmte, insbesondere genormte Wagen in fertigen Zahlentafeln die Gewichte G_2 und G_3 zusammenzustellen, die für verschiedene Stützweiten der Brücken und Radstände der Eichfahrzeuge die gleiche Durchbiegung hervorrufen. An der Hand dieser Zahlentafeln ist es dann sofort möglich, das erforderliche Gewicht des nicht normalen Eichfahrzeuges zu entnehmen. Beispiele dieser Art sind in der obenerwähnten Abhandlung von E. Krackau angegeben. Dieses Verfahren läßt sich im allgemeinen nur für Gleiswagen bis zu 40 t verwenden.

Die nächst höhere Wagenbauart mit 12 und 14 m Brückenlänge und 60 t Wiegefähigkeit ist ausreichend für die Wägung aller Fahrzeuge einschließlich der vierachsigen Drehgestellwagen, ausgenommen jedoch die neuen Großgüterwagen und einige Sonderfahrzeuge. Diese Gleiswagen müssen einmal mit dem normalen Eichfahrzeug von 40 t in der Mitte und dann mit zwei Eichfahrzeugen mit kurzem Radstand und Stellung zueinander entsprechend der Belastung durch einen Drehgestellwagen geprüft werden.

Zum Wägen von Drehgestellwagen stehen auch Doppelwagen, bestehend aus zwei Einzelwagen, zur Verfügung. Zum Prüfen solcher Gleiswagen mußten Eichfahrzeuge mit einem Radstand gleich dem der Drehgestelle verwendet werden. Der Vorteil der Festlegung von Belastungsarten für das Prüfen von Gleiswagen liegt in der Hauptsache darin, daß die Gleiswagen genormt werden können und der Werkstoff beim Bau restlos ausgenutzt werden kann. Vorhandene Wagen können ohne Verstärkung des Brückenträgers in vielen Fällen in der Wiegefähigkeit heraufgesetzt werden. [N 865] P.

Die maschinellen Einrichtungen der Eisenhüttenwerke.

Von Hub. Hoff, Aachen.

(Schluß von S. 1188.)

Die Kraftwerke der Hüttenwerke.

Die sogenannten gemischten Hüttenwerke, — das sind die Werke, die Hochöfen, Stahlwerke und Walzwerke, Schmieden, Gießereien oder andere Weiterverarbeitungsbetriebe umfassen, — haben ihre ganze Energiewirtschaft auf weitgehende und günstigste Ausnutzung des Gichtgases eingestellt. Die Gaskraftmaschine ist vorherrschend geworden, nachdem sie zu einer betriebsicheren Antriebsmaschine für Stromerzeuger und Gebläse entwickelt wurde. Die elektrischen Kraftwerke haben meistens zur Aufnahme der Spitzenleistungen Dampfturbodynamos im Parallelbetrieb laufen. Einzelne Hochofenwerke haben ihre elektrischen Kraftwerke ganz auf Dampfturbinenbetrieb eingestellt und sind gut dabei gefahren, obschon der Wärmeverbrauch bei den älteren Ausführungen nicht unerheblich größer ist. Die größte Verbreitung hat die Viertaktmaschine in Reihenanordnung gefunden, die bis 1500 mm Zylinderdurchmesser und 1500 mm Hub ausgeführt wird und bei 95 Uml./min je Zylinder 2000 PS_e, als einfache Maschine demnach 4000 PS_e und als Zwillingsmaschine 8000 PS_e leistet. Diese Leistung kann durch das Spül- und Aufladeverfahren noch um rd. 25 vH gesteigert werden, so daß heute Maschineneinheiten von nahezu 10 000 PS_e Höchstleistung hergestellt werden können[1]).

Die ersten Versuche im Dauerbetriebe mit dem Spül- und Aufladeverfahren wurden von der Maschinenfabrik Erhardt & Sehmer, Saarbrücken, durchgeführt. Bei früheren Ausführungen dieser Firma wurde Gas und Luft durch Turbokompressoren auf höheren Druck gebracht. Nach einem neuen Verfahren wird nur die Luft durch ein mit der Maschine gekuppeltes Kolbengebläse auf Druck gebracht und bei verlängerter Spülperiode die Ladung unter erhöhtem Druck bewirkt. Es wird eine qualitative und quantitative Verbesserung der Ladung erreicht. Das Verfahren der Maschinenfabrik Thyßen & Co., Mülheim a. d. Ruhr, besteht darin, daß gegen Ende des Auspuffhubes der größte Teil des Verbrennungsrückstandes durch Druckluft aus dem Zylinder gefegt wird und gegen Ende des Ansaugehubes in das mit Gasüberschuß angesaugte Gasluftgemisch Druckluft von 0,2 at eingepreßt wird, bis das zur vollkommenen Verbrennung notwendige Verhältnis von Gas und Luft erreicht ist, wobei unter Einwirken der Druckluft die Ladung verdichtet wird.

Bei diesen Maschinen wird ein mittlerer indizierter Druck von 6,8 kg/cm² erreicht gegen 5 kg/cm² bei Maschinen ohne Nachladung. Für die Erzeugung der Druckluft sind rd. 3 vH der Maschinenleistung erforderlich. Um keine höheren Anfangspannungen und Temperaturen zu bekommen, ist der Verdichtungsraum entsprechend vergrößert. Die Triebwerke werden demnach nicht schwerer. Die für die Steuerung erforderlichen Änderungen beschränken sich auf den Anschluß für Druckluft. Im Einströmgehäuse und im Einlaßventileinsatz ist ein dritter Kanal für die Druckluft vorgesehen. Auf der Spindel der Einlaßsteuerung sitzen drei Steuerorgane, je eines für Gas-, Misch- und Spülluft, die gemeinsam betätigt werden, Abb. 52 und 53.

Die Wärme der Auspuffgase, die bei normalen Maschinen eine Temperatur von 550 bis 600 ° und bei Höchstleistungsmaschinen bis 700 ° C haben, wird in Dampfkesseln nutzbar gemacht, eine Maßnahme, die trotz der erheblichen Anlagekosten höchst wirtschaftlich ist und schon auf vielen Werken Eingang gefunden hat.

Im Versuchzustand befindet sich ein Verfahren, die für die Zylinder und Zylinderdeckel notwendige Kühlung als sogenannte Heißkühlung vorzunehmen und die von der Maschine abgeleitete Wärme zur Dampferzeugung zu benutzen[2]). Eine bei der Maschinenfabrik Thyßen laufende Gasmaschine mit Heißkühlung erzeugt Dampf von 0,2 bis 0,3 at Überdruck, der mit dem Abdampf andrer Maschinen nutzbar gemacht wird. Die Wärmeausnutzung dieser Maschine bei Vollast ergibt sich zu 28 vH für die Leistung an der Kurbelwelle, zu 5,3 vH aus der Abgaswärme und zu 2,5 vH aus der Heißkühlung.

Der Wärmeverbrauch für die Leistungseinheit der Gasmaschinen nimmt bei verminderter Belastung zu. Bei einer 2000 PS-Viertakt-Reihenmaschine wurde der Wärmeverbrauch für die vom Stromerzeuger abgegebene Arbeit wie folgt ermittelt: bei Vollast 3270, bei ¾ Belastung 3770, bei Halblast 5250 und bei ¼ Belastung 10 500 kcal/kWh. Bei einer Viertakt-Reihenmaschine in Zwillingsanordnung für den Antrieb eines Stahlwerkgebläses ergab sich der

[1]) Vergl. Rheinlandheft Nr. 31 S. 1025.

[2]) Vergl. S. 1024.

Abb. 52. Kraftanlage eines Hüttenwerkes, Gebläsemaschinen.

Abb. 53. Kraftanlage eines Hüttenwerkes, Gasdynamomaschinen.

Hochdruckzylinder
Kühler
Niederdruckzylinder

Abb 54. Stahlwerkgebläse mit angekuppeltem Kompressor von Ehrhardt & Sehmer, Saarbrücken.

Wärmeverbrauch bei 90 vH Belastung zu 2666 kcal/PS$_e$h, bei 80 vH zu 2835, bei 65 vH zu 3620 und bei 50 vH zu 3787 kcal/PS$_e$h. Das bedeutet auch hier noch eine erhebliche Steigerung des spezifischen Wärmeverbrauchs bei abnehmender Belastung, besonders wenn man in Betracht zieht, daß die Minderleistung hauptsächlich infolge Verminderung der Drehzahl eintritt. Bei den Hochofengebläsen kommen solche Belastungsschwankungen nur ausnahmsweise und für kurze Zeit vor. Bei Stahlwerkgebläsen ergeben sich diese großen Belastungsschwankungen als unvermeidliche Folge des Konverterbetriebes. Die Maschinenfabrik Ehrhardt & Sehmer, Saarbrücken, hat im Verein mit der Burbacher Hütte, Saarbrücken, ein Verfahren durchgebildet, das bezweckt, die mittlere Belastung der Stahlwerkgebläse zu erhöhen. Dies wird erreicht, indem man die Stahlwerkgebläse in den Zeiten niedriger Belastung eine zusätzliche Arbeit durch eine Maschine verrichten läßt, die in Zeiten hoher Belastung selbsttätig ausgeschaltet wird. Als solche Zuschaltmaschinen kommen insbesondere Druckwasserpumpen und Kompressoren in Betracht, da die in diesen aufgewendete Energie als Druckwasser bzw. Druckluft gespeichert werden kann. Das Burbacher Stahlwerkgebläse ist in Verwirklichung dieses Gedankens mit einem Stufenkompressor verbunden worden, Abb. 54. Das Gebläse hat einen Hub von 1300 mm, die vier Kraftzylinder haben 1150 mm, die Windzylinder 1800 mm Durchmesser. Die höchste Umdrehungszahl beträgt 90 Uml./min. Der Kompressor ist mit der Kolbenstange unmittelbar gekuppelt, seine Kolbendurchmesser betragen 800 bzw. 500 mm. Er leistet bei 60 Umdrehungen etwa 60 m^3/min und erfordert bei 8 at Gegendruck 390 PS$_e$. Das durchlaufende Gebläse erzeugt bei 0 bis 2 at Gebläsewinddruck gleichzeitig Druckluft von 7 at Überdruck. Steigt der Enddruck des Gebläses über 2 at, so wird der Kompressor vom Druckluftnetz abgeschaltet und zur Erhöhung der Gebläseleistung herangezogen.

Die Dampfkraftanlagen der Hüttenwerke befinden sich zum Teil noch in völlig veraltetem Zustand, wenn die Absicht besteht, sie verschwinden zu lassen, zum Teil in einem Übergangzustand, wenn die Absicht besteht, sie zu entwickeln. Einzelne Werke haben ihre Kraftanlagen planmäßig auf hochwertige Dampfwirtschaft eingestellt. Hierfür kann die Duisburger Kupferhütte als Musterbeispiel angeführt werden, für die dieser Entschluß leichter als für andere war, da hier für die chemische Abteilung in großem Umfange Bedarf für Heizdampf

vorliegt und der gekuppelte Kraft- und Heizbetrieb höchste Wirtschaftlichkeit ergibt, vergl. auch Zahlentafel 2. Das Werk hat eine eigene Kesselbauart, Abb. 55, ausgebildet, die sich für die Beheizung mit Hochofengas als besonders geeignet ergeben hat. Jeder Kessel besteht aus einem Oberkessel mit fünf gewellten Flammrohren, in deren vorderes Ende die Gasbrenner eingebaut sind, und einem Unterkessel mit Rauchrohren, in die die Überhitzerrohre hineinragen. Die Feuergase kommen nur mit einer kleinen Fläche der Kesseleinmauerung in Berührung. Der ganze Kessel ist mit einem luftdichten Blechmantel umgeben, das Ansaugen kalter Luft durch das Mauerwerk wird verhindert. Die Heizfläche eines Kessels beträgt 485 m², des Überhitzers 160 m², des Vorwärmers 900 m². Die Anlage ist für 18 at betriebsmäßigen Überdruck und 400 bis 450 °C Dampftemperatur gebaut. Sie ist in einem Umfange mit selbstaufzeichnenden Meßgeräten ausgerüstet, daß jederzeit eine Wärmebilanz aus den Aufzeichnungen aufgestellt werden kann. Die sich über sechs Monate erstreckenden Betriebsergebnisse sind aus Zahlentafel 2 ersichtlich und übertreffen alle bisher bekannt gewordenen Ergebnisse von mit Hochofengas geheizten Dampfkesseln.

Das Bedürfnis, Wärme zu speichern, ist in keinem Betriebe so dringend, wie in den Hüttenwerkanlagen, weil die wichtigste Energiequelle durch Entwicklung des Hochofengases dauernd fließt. Was nicht nutzbar gemacht oder gespeichert wird, ist dauernd verloren. Da jede Dampfanlage an sich die Möglichkeit zur Wärmespeicherung bietet, sollten schon aus diesem Grunde die Dampfanlagen nicht zu knapp im Verhältnis zu den Gasmaschinenanlagen gehalten werden. Es sollte auch größter Wert darauf gelegt werden, die Speichermöglichkeiten restlos auszunutzen. Über Gefällespeicher ist verschiedentlich in dieser Zeitschrift[1]) berichtet worden. Nachstehend soll auf den Speiseraumspeicher von Kießelbach hingewiesen werden, wie er der Kesselanlage des Blechwalzwerks der Rheinischen Stahlwerke, Duisburg, angegliedert wurde. Nach Einbau des Speichers konnte der stark schwankende Dampfbedarf des Blechwalzwerkes mit einer um 40 vH verkleinerten Kesselheizfläche ohne Schwankungen in der Dampfspannung gedeckt werden. Die hierdurch erreichten Brennstoffersparnisse zahlenmäßig festzulegen, haben die Betriebverhältnisse des Werkes bisher nicht gestattet. Den normalen Speiseraum des Dampfkessels durch einen Speicher in betriebsicherer Weise zu vergrößern, erreichte Dr.-Ing. Kießelbach, Bonn, durch Anordnung von Überlauf und Wälzpumpe, Abb. 56. In möglichst geringer Entfernung von der Dampfkesselanlage wird der aus zylindrischen Behältern bestehende gut isolierte Speicher aufgestellt. Die Saugleitung der Wälzpumpe geht vom unteren Teil des Speichers aus, und die Druckleitung führt das Wasser in Höhe des normalen Wasserstandes in die Kessel. In gleicher Höhe wird ein Überlauf angeordnet, der das dem Kessel zuviel zugeführte Wasser durch eine Überlaufleitung zum Speicher zurückführt, weshalb der höchste Wasserstand des Speichers tiefer als der des Dampfkessels liegen muß. Die Dampfräume der Kessel und des Speichers sind durch eine Druckausgleichleitung miteinander verbunden. Der Betriebvorgang ist nun folgender: Die Wälzpumpe führt

[1]) Z. Bd. 66 (1922) S. 509 u. f.

Zahlentafel 2. Betriebsergebnisse der Hochleistungskessel der Duisburger Kupferhütte, erbaut für 18 at.

Heizfläche des Kessels 485 m²
„ „ Überhitzers 160 m²
„ „ Föge-Vorwärmers 900 m².

Mittelwerte aus einer Betriebzeit von 6 Monaten.

Brennstoff: Gereinigtes Hochofengas mit einem Staubgehalt von 0,1 g/m³; Wassergehalt 20 g/m³, Temperatur 20 °C, unterer Heizwert: 970 kcal/m³.

	Halblast, natürlicher Zug	Normallast, künstlicher Zug	Höchstlast, künstlicher Zug
Zugeführte Wärmemenge			
Gasmenge, bezogen auf 0 °C u. 760 mm Q.-S. m³/h	7 500	11 000	15 500
Wärmemenge . . kcal/h	7 270 000	10 700 000	15 000 000
Nutzbar abgeführte Wärmemenge			
Speisewassermenge kg/h	9 000	12 950	17 650
Temperatur des Speisewassers			
Stufe I . . . . . . °C	52	62	74
Stufe II. . . . . . „	140	150	160
Mittlerer Dampfdruck . . at	11	11	11
Temperatur des Dampfes °C	400	400	400
in 1 kg Dampf im Kessel zugeführte Wärmemenge . . . . . . kcal	641	631	621
Wirkungsgrad des Kessels			
ohne Vorwärmer . . . vH	0,790	0,764	0,730
mit „ . . . „	0,870	0,866	0,856
Heizgastemperaturen,			
Austritt Oberkessel . . °C	810	870	930
„ Unterkessel . „	275	325	390
„ Vorwärmer . „	115	140	175
Abgasverluste . . . . . vH	7,0	8,6	11,0
Strahlungsverluste . . . „	4,0	3,0	2,0
Mittlerer CO_2-Gehalt der Abgase . . . . „	20,5	20,5	20,0
Mittlerer O_2-Gehalt der Abgase . . . . „	2,0	2,0	2,5
Verdampfung . . . . kg/m²h	18,5	26,6	36,4

Abb. 55. Dampfkesselanlage der Duisburger Kupferhütte.

Abb. 56. Dampfkesselanlage mit Speiseraumspeicher von Kießelbach.

dem Kessel stets mehr Speisewasser aus dem Speicher zu, als bei höchster Verdampfung verbraucht wird, auch dann, wenn die Speisung durch die Speisepumpe aufhört. Der Wasserstand im Kessel bleibt infolgedessen unverändert, dagegen ändert sich der Wasserstand im Speicher. Wird stärker gespeist als der Verdampfung entspricht, so steigt der Wasserstand und umgekehrt. Diese Wirkung ist durch die Größe des Speichers begrenzt. Da sein Wasserinhalt ein Vielfaches von demjenigen des gewöhnlichen Speiseraumes ist, erhöht sich entsprechend die Sicherheit gegen Wassermangel und Überspeisen. Bei jeder Kesselanlage dient der Speiseraum der Gleichmäßigkeit des Kesselbetriebes, insbesondere zur Erhaltung gleichen Dampfdruckes. Bei erhöhtem Dampfverbrauch schränkt man die Speisung ein, bei vermindertem Dampfverbrauch steigert man die Speisewasserzufuhr. Im letzteren Falle wird die dem Kessel zugeführte Wärmemenge in gesteigertem Maße zur Erwärmung des Wassers verwendet. Durch genügend starkes Speisen kann die Dampfbildung gleich null werden. Bei Inanspruchnahme des Speichers kann natürlich die Dampfbildung auf einen viel größeren Zeitraum unterbrochen werden. Umgekehrt kann zu Zeiten starken Dampfverbrauchs das Speisen viel länger ausgesetzt werden, im äußersten Falle, bis der Speicher leer gepumpt ist. Schließlich wird der Speicher bei fallendem Dampfdruck durch spontane Dampfbildung wirksam, indem er einen Teil seiner Wasserwärme dem sich bildenden Dampf mitteilt, der durch die Druckausgleichleitung zum Kessel übergeht. Der Speicher hat also die gleichen Eigenschaften wie der Speiseraum, ohne eine besondere Regelung zu brauchen.

Ob die eben einsetzende Entwicklung von Höchstdruck-Dampfanlagen auf die Kraftanlagen der Hüttenwerke allgemeinen Einfluß haben wird, ist zurzeit noch nicht zu übersehen. Jedoch ist festzustellen, daß man die Ergebnisse mit Aufmerksamkeit verfolgt, um eintretenden Falles die richtigen Folgerungen ziehen zu können. [B 674]

Die Verteilung der Kraft in einem Streifen von endlicher Breite.

Bei einer Niet- oder Schraubenverbindung gleichbreiter Streifen verteilt sich die Spannung in einem Querschnitt nahe der Verbindungsstelle nicht gleichmäßig über die ganze Breite. Es ist eine reizvolle Aufgabe, die Spannungsverteilung rechnerisch zu verfolgen, insbesondere festzustellen, in welchem Abstand von der Kraftangriffsstelle die Spannung über den Querschnitt gleichmäßig verteilt ist. In der Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik Bd. 5 (1925) Nr. 4 S. 314 stellt Ernst Melan eine solche Untersuchung an. Er betrachtet zunächst einen Stab von der Breite π und einer gegenüber der Breite geringen Dicke, so daß ein ebener Spannungszustand vorliegt. Die Kraft greift in der Ebene des Stabes und in seiner Mittellinie an, Abb. 1.

Abb. 2. Spannungsverteilung im Stabe nach Abb. 1.

Die Länge des Stabes in der Y-Richtung sei beiderseits unendlich. Ausgehend von der bereits vorhandenen Lösung der Aufgabe für den Fall, daß der Stab von unendlicher Breite ist, also für den Fall einer unendlichen Ebene[1]), wird zunächst die unendliche Ebene durch unendlich viele parallele, in den Punkten $y = 0$ und $x = 0$, $\pm \pi$, $\pm 2\pi$ usw. angreifende Kräfte P belastet. Der Spannungszustand ist nun an allen Stäben von der Breite π der gleiche, und die unendliche Ebene zerfällt in einzelne Streifen, an deren Rändern aus Symmetriegründen die Schubspannung τ verschwindet. Dagegen treten an diesen Rändern noch Normalspannungen σ_x auf.

Um diese Randspannungen σ_x ebenfalls zum Verschwinden zu bringen, wird ein geeigneter Spannungszustand überlagert. Durch einen Kunstgriff werden die Zusatzlösungen in Form von bestimmten Integralen angegeben. Es wird

$$\sigma_y = C\left[-y\frac{1-\mathfrak{Cof}\,2y\cos 2x}{(\mathfrak{Cof}\,2y-\cos 2x)^2}+\frac{m}{m+1}\,\frac{\mathfrak{Sin}\,2y}{\mathfrak{Cof}\,2y-\cos 2x}\right]$$

$$-\int_0^\infty \frac{\frac{m-1}{m+1}-\frac{\alpha\pi}{2}\,\mathfrak{Cotg}\,\frac{\alpha\pi}{2}}{\alpha\pi+\mathfrak{Sin}\,\alpha\pi}\left(\left[\frac{\alpha\pi}{2}\,\mathfrak{Cotg}\,\frac{\pi}{2}-1\right]\mathfrak{Cof}\,\alpha x-\alpha x\,\mathfrak{Sin}\,\alpha x\right)\sin\alpha y\,d\alpha.$$

Hierin bedeutet m die Poissonsche Konstante, also das Verhältnis: Querzusammenziehung zu Längsdehnung. Für die Bestimmung der Resultierenden in der Y-Richtung kommen lediglich die beiden ersten Ausdrücke in Frage, weil das Integral des letzten Gliedes verschwindet. Für einen Schnitt im Abstande $y = +\infty$ wird σ_y von x unabhängig, und es wird

$$\sigma_{y+\infty} = +C\frac{m}{m+1}$$

und für $y = -\infty$ wird

$$\sigma_{y-\infty} = C\frac{m}{m+1}.$$

Die Kraft P hat also den Wert

$$P = C\frac{m}{m+1}\,2\pi.$$

Abb. 2 zeigt die Spannungsverteilung in den Querschnitten des Stabes mit den Abständen $y = \frac{b}{4}, \frac{b}{2}, \frac{3}{4}b$ und b, wenn man mit b die Stabbreite bezeichnet.

Abb. 1. Kraftangriff bei einem Stab von der Breite π und einer gegenüber der Breite geringen Dicke.

Der Einfluß des Integrals in obiger Gleichung auf den Wert von σ_y ist mit etwa 6 vH nur gering. Die ungleichmäßige Spannungsverteilung in dem Stabquerschnitt hört schon in geringer Entfernung von der Kraftangriffsstelle auf; die Belastung verteilt sich dann gleichmäßig über den ganzen Querschnitt. Melan berechnet, daß bereits im Abstand gleich der Stabbreite b von der Angriffsstelle die größte Spannung nur noch 1,8 vH größer ist als der Durchschnitt der Spannung. Dies Ergebnis ist nahezu unabhängig von der Art des Werkstoffes, da m für die gebräuchlichen Werkstoffe des Eisenbaues nur unwesentlich verschieden ist. [M 861] An.

[1]) Vergl. Love, Theorie der Elastizität, oder A. und L. Föppl, Zwang und Drang" 1920 S. 255.

Über das Wesen der plastischen Verformung.

II. Das Strömen plastischer Massen und der Arbeitsverlust beim Schmiede- und Walzvorgang.

Von Dr.-Ing. Heinrich Hencky, Delft.

(Schluß von S. 696)

Der plastische Körper gehorcht sowohl den Gesetzmäßigkeiten der zähen Flüssigkeiten, wie denen der elastischen Stoffe. Auf Grund dieser Vorstellungen wird es möglich, nicht nur die Verfestigung zahlenmäßig zu erfassen, sondern auch die Versuchsergebnisse beim Schmiede- und Walzvorgang in Formeln auszusprechen, die der Forderung der mechanischen Ähnlichkeit genügen.

Beim Asphaltieren der Straßen haben wir oft Gelegenheit, größere Massen von Pech zu sehen und uns über das merkwürdige Verhalten dieses Stoffes zu verwundern. Unter dem Einfluß der Schwere fließt nämlich das Pech schon bei gewöhnlicher Zimmertemperatur wie ein zäher Brei, anderseits läßt es sich mit dem Hammer zertrümmern und zeigt eine muschelförmige Bruchfläche wie ein glasharter Körper.

Offenbar ist Sprödigkeit etwas sehr Verhältnismäßiges und keine ein für allemal gegebene Stoffeigenschaft, schließlich ist auch eine zähe Flüssigkeit spröde, wenn nur ein Stoß von großer Stärke und sehr kurzer Dauer einwirkt[1]).

Von Bedeutung ist, näher zu untersuchen, welche Gesetzmäßigkeiten sich beim stoßartigen Beanspruchen von sehr zähen Flüssigkeiten ergeben. Die Massenbeschleunigungen können bei dieser Betrachtung ganz weggelassen werden, da dem Material für große Formänderungen keine Zeit gelassen wird; aus dem gleichen Grunde werden auch die Wirkung der Oberflächenenergie und die Wirkung der Schwere vernachlässigt und wird angenommen, daß aus einer solchen Flüssigkeit Stäbe geschnitten werden können, die innerhalb der ins Auge gefaßten Zeit ihre Form behalten. Sind u, v, w die Komponenten der Geschwindigkeit eines Flüssigkeitsteilchens, $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ die Normalspannungskomponenten, und ist $\varkappa$ die Reibungszahl der Flüssigkeit, so kann man den Spannungszustand eines Stabes, bei dem die Koordinatenrichtungen mit den Hauptspannungsrichtungen zusammenfallen, durch die Formeln bestimmen:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_x &= -\ p + 2\varkappa \frac{\partial u}{\partial x} \\ \sigma_y &= -\ p + 2\varkappa \frac{\partial v}{\partial y} \\ \sigma_z &= -\ p + 2\varkappa \frac{\partial w}{\partial z} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)^{2)}$$

$$\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = -3p + 2\varkappa\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}\right).$$

Da wegen der fehlenden Verdichtbarkeit des Stoffes, die wir voraussetzen,

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad \ldots\ldots \quad (2),$$

so ergibt sich p als der hydrostatische Druck der Flüssigkeit.

Bei einachsigem Zug oder Druck an einem Stabe, dessen Achse mit der z-Richtung zusammenfällt, wird nach Gl. (2) $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{2}\frac{\partial w}{\partial z}$, und wir bekommen den homogenen Spannungszustand

$$\begin{aligned} \sigma_x &= -p - \varkappa \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \\ \sigma_y &= -p - \varkappa \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \\ \sigma_z &= -p + 2\varkappa \frac{\partial w}{\partial z}, \end{aligned}$$

das heißt, es muß $p + \varkappa \frac{\partial w}{\partial z} = 0$ oder $p = -\varkappa \frac{\partial w}{\partial z}$ sein. Damit wird schließlich

$$\sigma_z = 3\varkappa \frac{\partial w}{\partial z} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3).$$

Setzen wir nun beispielsweise $\varkappa = 1200\ \mathrm{kgs/cm^2}$, was etwa dem Reibungsbeiwert des Eisens[3]) bei gewöhnlicher Temperatur und innerhalb der Elastizitätsgrenze entspricht und nicht dem viel kleineren Reibungsbeiwert gewöhnlicher zäher Flüssigkeiten, so ergibt sich, daß die zähe Flüssigkeit, zu einem Stab von 10 cm Länge geformt, bei einer Geschwindigkeit von 1 cm/s für das belastete Ende eine Zugspannung von nicht weniger als $\sigma_z = 3 \cdot 1200 \cdot \frac{1}{10} = 360\ \mathrm{kg/cm^2}$ aushalten kann.

Dem Diagramm der Spannungsdehnung in der Elastizitätslehre läßt sich hier ein solches der Spannungs-Dehnungsgeschwindigkeiten an die Seite stellen. Freilich mit dem großen Unterschied, daß wir beim Entlasten nicht mehr den ursprünglichen Zustand erhalten.

Bei fortdauernder Einwirkung der Last würde sich nach Ablauf einer endlichen Zeit eine unendlich große Dehnungsgeschwindigkeit ergeben. Dabei ist aber natürlich unsere Vernachlässigung der Massenbeschleunigung nicht mehr zulässig. In der Tat läßt sich rein theoretisch zeigen, daß unser Stab eine Einschnürung bekommen muß und daß somit der homogene Spannungs- und Verformungszustand nicht bestehen bleibt, sobald man die Massenbeschleunigungen mit in Rechnung stellt.

Worin liegt nun aber der Hauptunterschied zwischen dem oben betrachteten zähflüssigen Stab und einem elastischen Stab? Hierauf ist eigentlich schon die Antwort gegeben worden: lediglich darin, daß in dem elastischen Stab potentielle Energie der Verformung in umkehrbarer Weise aufgespeichert werden kann, in der nicht zusammendrückbaren zähen Flüssigkeit dagegen die hineingesteckte Arbeitsleistung unwiederbringlich verloren wird, da sie von der inneren Reibung verzehrt und in Wärmeenergie umgesetzt wird. Ob dabei in dem als elastisch bezeichneten Stab ein Hookesches Gesetz besteht oder nicht, ist vollkommen nebensächlich und hängt nur davon ab, ob die potentielle Energie des Stabes durch einen in den Spannungskomponenten quadratischen Ausdruck dargestellt wird, oder ob noch höhere Potenzen zugelassen werden. Es erscheint nicht überflüssig, hierauf ausdrücklich hinzuweisen, da natürlich der Gedanke am nächsten liegt, vom Diagramm der Spannungsdehnung zu einer Theorie des plastischen Zustandes zu gelangen. Zu einer mathematischen Plastizitätstheorie können solche Versuche aber niemals führen, da die Form des Spannungsdehnungsdiagramms[4]) bei gleicher Kurve für Belastung und Entlastung mit Plastizität nichts zu tun hat und es nur auf die Möglichkeit einer Energieansammlung ankommt.

Das elastische Potential kann in gewissem Sinn als Ladung aufgefaßt werden und die Plastizitätsgrenze als das Vermögen des Stoffes, solche elastische Ladungen aufzunehmen. Wird die Last so groß, daß die zugehörige Energie der Verformung nicht mehr in umkehrbarer Weise aufgespeichert werden kann, so unterscheidet sich der elastische Körper von einer zähen Flüssigkeit nur durch den etwas verwickelteren Spannungszustand[5]). Für das Bei-

[1]) Vergl. die Aussprache über dieses Thema in der Zeitschrift „Engineering" Bd. 112 (1921) S. 483 u. f., durch die eine Übersicht über die englische Versuchstätigkeit gegeben wird.

[2]) Vergl. die Ableitung in A. Föppl, „Vorlesungen" Bd. VI S. 452.

[3]) Hinsichtlich der inneren Reibung der festen Körper innerhalb der Elastitätsgrenze (Schwingungen) liegen neuere Messungen vor, durch die die Unstimmigkeiten der Theorie mit der Erfahrung, die man früher gefunden zu haben glaubte, beseitigt und aufgeklärt werden. Vergl. Phil. Mag. and Journal of Science Bd. 42 (1921) S. 115 u. f.

[4]) Ein bemerkenswerter Versuch dieser Art findet sich in dem Buche von L. Jakob „Résistance et construction des bouches à feu". Encyclopédie scientifique Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie (ohne Jahreszahl, jedoch nach dem Kriege neu herausgegeben). Der Verfasser hat die Selbstverspannung des Materials bei bleibender Formänderung schon 1907 entdeckt und zur Konstruktion von Geschützen verwendet. Vergl. Mémorial de l'Artillerie navale, 1. livraison 1907 S. 138 u. f.

[5]) Vergl. Z. f. ang. Math. u. Mechanik Bd 5 (1925) S. 115.

spiel eines Zugstabes mit der Grenzspannung $2k$ haben wir nach Gl. (3) die Gesamtspannung

$$\sigma_z = 2k + 3\varkappa \frac{\partial w}{\partial z} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (4)$$

als gemeinsamen Ausdruck der Eigenschaften des elastischen und des zähflüssigen Zustandes. Zur Vermeidung eines Mißverständnisses sei noch bemerkt, daß $2k$ und $\frac{\partial w}{\partial z}$ immer das gleiche Vorzeichen haben müssen, da natürlich bei positivem $\frac{\partial w}{\partial z}$ nur elastische Zugkräfte, bei negativem $\frac{\partial w}{\partial z}$ nur elastische Druckkräfte die Verformung begleiten können. Mit Gl. (4) kann auch die Voraussetzung stoßartiger Beanspruchungen fallen gelassen werden, im Gegenteil wird die Formel sogar auf sehr langsame Formänderungen mit Erfolg angewendet werden können; denn das erste Glied rechts sorgt dafür, daß die Eigenschaften des zähflüssigen Zustandes sich nicht ungehindert auswirken können. Es ist nicht überflüssig, darauf hinzuweisen, daß bei stoßartigen Beanspruchungen in elastischen Stoffen das Zusatzglied in Gl. (4) eine ganz erhebliche Rolle spielt.

Die klassische dynamische Plastizitätstheorie[1]) hat sowohl die Bedeutung des elastischen Potentials für die Plastizitätsgrenze als auch die Rolle der Zähigkeit vollkommen verkannt und ist infolgedessen über rein formale Ansätze nicht hinausgekommen, die von seiten der Technik überhaupt keine Beachtung finden konnten und wohl auch nicht finden dürften[2]). Hierauf muß einmal deutlich hingewiesen werden; denn der Ingenieur kann verlangen, daß der Theoretiker die durch wenig glückliche Ansätze geschaffenen Schwierigkeiten auch wieder beseitigt.

Der Ansatz für die Plastizitätsgrenze läßt auch noch ein Verständnis und eine quantitative Erfassung einiger anderer Erscheinungen zu, wovon die eine als Hysteresis und elastische Nachwirkung bekannt ist. Das Volumenelement stelle man sich als ein Gefäß und die elastische Gestaltänderungsenergie als eine Flüssigkeit vor, die in das Gefäß gegossen wird. Läuft das Gefäß über, weil es voll ist, so hat man die Erscheinung der Plastizität, vermindert sich hingegen auch bei nichtvollem Gefäß der Inhalt mit der Zeit, so ist anzunehmen, daß das Gefäß nicht „dicht" ist, und so hat man ein Bild der elastischen Nachwirkung. In der Tat sind alle unsere Gefäße, in denen Energie „aufbewahrt" wird, nicht ganz dicht, so daß etwas derartiges eigentlich von vornherein erwartet werden muß.

Eine andere Erscheinung ist die sogenannte Verfestigung als Folge einer bleibenden Formänderung. Unter Verfestigung ist die Erhöhung des Vermögens zur Aufspeicherung elastischer Gestaltänderungsenergie infolge bleibender Formänderung zu verstehen. Die Theorie der Verfestigung ließe sich, wenigstens solange von der kristallinen Struktur der festen Körper abgesehen werden kann, mit dem Ansatz für die Plastizitätsgrenze ohne weiteres aufstellen, aber gegenwärtig reicht der Erfahrungsstoff, der noch dazu ohne vorhergehende einwandfreie und zahlenmäßige Erfassung des Begriffs Verfestigung gewonnen wurde, nicht aus, um weitreichende Schlüsse zu ziehen.

Ich begnüge mich daher mit der Feststellung, daß sich die beiden erwähnten Erscheinungen ohne grundsätzliche Schwierigkeiten der Auffassung einordnen lassen. Bei dem folgenden einfachen Beispiel habe ich die Plastizitätsgrenze als gleichbleibend angenommen und den Einfluß der elastischen Nachwirkung vernachlässigt.

Als Beispiel wird die Staucharbeit an einem Eisenzylinder von 2 cm Höhe (H) und 2 cm Dmr. ($2a$) berechnet, der durch eine Druckkraft auf die halbe Höhe (1 cm) zusammengepreßt wird. ($2k = 3000$ kg/cm², $\varkappa = 1200$ kgs/cm².)

Die Arbeit, bezogen auf die Volumen- und Zeiteinheit, wird bei einem Zug- oder Druckstab mit $\sigma = 2k + 3\varkappa \frac{\partial w}{\partial z}$ gleich $\sigma \frac{\partial w}{\partial z}$, und da das Volumen V des Zylinders unverändert bleibt, ist die Gesamtarbeit

$$A = V \int \sigma \frac{\partial w}{\partial z} \, dt.$$

Die günstigste Wirkung erhält man, wenn man $\sigma \frac{\partial w}{\partial z}$, d. h. $\frac{\partial w}{\partial z}$, konstant hält, dann wird für die Stauchzeit T

$$A = V \sigma \frac{\partial w}{\partial z} T.$$

Für den einfachen Fall, der hier vorliegt, sind die jeweiligen Abmessungen des Zylinders als Funktion der Zeit leicht zu berechnen. Man erhält nämlich für

den Halbmesser $r = a\, e^{-\frac{1}{2} \frac{\partial w}{\partial z} t}$, die Höhe $h = H e^{\frac{\partial w}{\partial z} t}$ — die Stauchkraft $P = \sigma a^2 \pi\, e^{-\frac{\partial w}{\partial z} t}$

und hieraus, wenn die Endhöhe h gegeben, die Stauchzeit

$$T = \frac{1}{\frac{\partial w}{\partial z}} \ln \frac{h}{H},$$

wodurch sich für die Arbeit der Wert ergibt:

$$A = V \sigma \ln \frac{h}{H} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (5).$$

Zahlentafel 1 zeigt das Ergebnis. Durch Versuch ist bestätigt, daß sich auch bei verschwindender Verformungsgeschwindigkeit ein endlicher Arbeitsbetrag ergibt, der nicht mehr unterschritten werden kann.

Zahlentafel 1.

Stauchzeit	1 s	5 s	10 s	∞ s
$\frac{\partial w}{\partial z}$ 1/s	0,693	0,1386	0,0693	0
Kraft im Beginn des Stauchens . . . . t	17,3	11,0	10,2	9,42
Kraft am Ende des Stauchens . . . . t	34,6	22,0	20,4	18,82
σ . . . . kg/cm²	5500	3500	3250	3000
Arbeit . . . . . . mt	0,34	0,15	0,14	0,13

Eine andere Anwendung der obigen Gl. (5) ergibt sich aus der Betrachtung des Walzvorganges. Bei der Ableitung der Gl. (5) kam es nämlich nicht darauf an, ob die äußere Kraft in den Querschnittflächen oder in den Mantelflächen angriff, so daß der Anwendung auf den Walzvorgang nichts im Wege steht. Für die Konstruktion eines Walzwerks ist es von großer Bedeutung, den Arbeitsverbrauch zu kennen. Dieser Arbeitsverbrauch setzt sich nun aber aus sehr verschiedenen Einflüssen zusammen, so daß die etwas summarischen Versuche[3]), die von seiten der Technik angestellt wurden, über den Arbeitsverbrauch, der allein zur Verformung des Walzgutes verbraucht wird, keine hinreichend genaue Auskunft geben. Das Walzgut gleitet nämlich teilweise an den Walzen wie ein fester Körper und diese Reibung nimmt mit zunehmender Geschwindigkeit der Walze natürlich ab. Bezeichnen wir mit v die Geschwindigkeit des Umfanges der Walze, so können wir nach Gl. (5) die Formel für den Arbeitsverbrauch so schreiben: $A =$ Volumen $(\alpha + \beta \cdot v)$, wobei α und β nur von Plastizitätsgrenze, Reibungsziffer und der Querschnittsänderung des Walzgutes abhängen. Inzwischen sind einige andere Formeln zur Darstellung der Versuchsergebnisse in Gebrauch gekommen. Gegen Interpolationsformeln ist auch nichts einzuwenden, wenn man solche Formeln nicht für Naturgesetze hält. Sehr erwünscht wäre es aber doch, wenn man bei Versuchen über den Walzvorgang von vornherein mit einer in sich geschlossenen mathematischen Theorie an die Erscheinungen herantreten würde, wobei man natürlich die einfachste überhaupt mögliche Theorie zugrunde legen muß. Die Erfahrung lehrt, daß bei einem solchen Vorgehen eine stetige Weiterentwicklung gewährleistet wird, aus der auch die Technik Nutzen ziehen kann. [B 9]

[1]) Eine kurze und übersichtliche Darstellung dieser Theorie findet sich in der Encykl. der math. Wiss. Bd. IV. Mechanik 4. Teilband, Ref. von v. Kármán, S. 745 bis 747.

[2]) In den Nachrichten des polytechnischen Instituts Leningrad ist inzwischen eine Arbeit von Prof. Mestscherski über den Walzvorgang erschienen, die der Zähigkeit Rechnung trägt, jedoch von dem Einfluß der elastischen Kräfte auf den Strömungszustand absieht (in russischer Sprache).

[3]) Es soll hier natürlich keine Kritik an diesen Versuchen geübt werden. Ihr technischer Zweck verlangt eine solche summarische Messung aller Einflüsse.

RUNDSCHAU.

Meßtechnik.

Windmesseranlage des Deutschen Museums in München.

Der Windmesser am Turme des Deutschen Museums in München verdankt seine Errichtung einer Anregung Dr. O. von Millers. Für den Bau der Meßeinrichtung wurde gefordert, daß Windrichtung und Windgeschwindigkeit an einem Zifferblatt an der Südwestseite des Turmes weithin sichtbar ablesbar seien, und daß ein Außertaktfallen zwischen den Meßorganen auf der 16 m über der Plattform befindlichen Mastspitze und den Zeigern des Zifferblattes nicht eintreten dürfe.

Die Ausführung der Windmeßanlage wurde der Firma R. Fueß, Berlin-Steglitz, übertragen und von dieser dem Museum gestiftet. Die Konstruktion ist im Nachstehenden beschrieben:

Abb. 1 zeigt den Turm des Deutschen Museums von SW aus mit dem Mast für die Antennen und dem Windmesser auf der Spitze des Mastes, der die allgemein gültige Veranlassung für eine möglichst hohe Aufstellung von Windmeßgeräten derart, daß die Luftströmungen durch Baumgruppen, benachbarte Gebäude usw. nicht beeinflußt werden, in bester Form erfüllt. Der Windmesser besteht aus einer in Kugeln gelagerten Windfahne *f* und einem gebremsten Schalenkreuz *s*, Abb. 2. Der Fahnenflügel ist als allseitig geschlossene, abgestumpfte Pyramide gebaut. Diese Bauart wurde gewählt, damit sich Schnee und Rauhfrost nicht so leicht am Fahnenflügel festsetzen können, wie dieses bei offener Bauart oft der Fall ist. Das Schalenkreuz besteht aus zwölf aus Kupfer hergestellten Hohlschalen, die ein wagerecht liegendes Rad bilden. Die Schalen sind alle in gleichem Drehsinn angeordnet, ihr Mittenabstand von der senkrechten Drehachse beträgt 475 mm. Die unter der Einwirkung des Windes einsetzende freie Drehung — und zwar mit der konvexen Seite der Schalen voraus — wird durch eine tellerförmige, an der Achse des Schalenkreuzes angreifende Schraubenfeder *g* aufgehoben und in eine pendelnde umgewandelt, wobei die Tellerfeder mehr oder weniger gespannt wird. Die Spannung der Feder steht zu der Windstärke — in diesem Falle der Windgeschwindigkeit in m/s — in einem bestimmten, durch Versuche festgelegten Verhältnis. Der Ausdruck „gebremstes" Schalenkreuz ist hier nicht ganz sinngemäß, aber er soll in der Folge doch Verwendung finden, da er bereits in einer früheren wissenschaftlichen Veröffentlichung gebraucht wurde[1]).

Die Bewegungen oder Ausschläge von Windfahne und Schalenkreuz werden durch zwei Gestänge innerhalb des Mastes in das Turmzimmer unterhalb der Plattform, an die beiden hier aufgestellten und in Abb. 3 dargestellten Verstärker geleitet. Diese haben den Zweck, die geringen und für einen unmittelbaren Antrieb der beiden Zeiger nicht im entferntesten ausreichenden Kräfte von Windfahne und Schalenkreuz durch Elektromotoren zu vergrößern.

Abb. 3 zeigt die mit *a* und *b* bezeichneten Achsstümpfe, welche die Bewegungen der beiden vorerwähnten Gestänge durch zwei Gallsche Gelenkketten auf die beiden Kollektoren *c* und *d* übertragen. Die Kollektoren werden aus je vier Schleifringen gebildet, von denen die beiden äußeren Vollringe sind, während die beiden Mittelringe als Halbringe hergestellt sind. Alle Ringe, auch die Halbringe und deren Einzelhälften, sind von einander elektrisch isoliert. Die Schleiffedern *e* und *f* leiten den Betriebstrom zu. Die beiden Elektromotoren *g* und *h* sind als Nebenschlußmotoren gewickelt, die Feldwicklung liegt an den Außenringen, die Ankerwicklung an den Innenringen. Durch die Unterteilung der Innenringe ist es möglich, den Drehsinn der Motoren zu ändern. Die Motoren laufen, solange die Schleiffedern auf den Halbringen liegen; kommen die Schleiffedern an die Trennstellen der Halbringe, so werden die Kollektoren stromlos, und die Motoren bleiben stehen. Motoren und Schleiffederhalter sind auf je einer Drehscheibe *k* und *l* aufgesetzt, und da diese durch Zahnradvorgelege mit den feststehenden Zahnkränzen *m* und *n* im Eingriff stehen, so nehmen die Motoren und die Schleiffederhalter an den Umdrehungen von *m* und *n* teil. Die Drehung tritt dann ein, wenn z. B. die Windfahne eine kleine seitliche Schwenkung ausführt. Hierbei dreht sie den Kollektor *d*, die beiden mittleren Schleiffedern *f* berühren dann die rechte oder linke Hälfte der Halbringe, der Motor springt an und dreht

[1]) Ergebnisse der Beobachtungen am meteorologischen Observatorium Potsdam, 1896

Abb. 1. Turm des Deutschen Museums in München, von SW aus gesehen.
f Windfahne *s* Schalenkrenz
z Anzeigevorrichtung.

Abb. 2. Windmeßeinrichtung auf dem Turme des Deutschen Museums in München.
f Windfahne *s* Schalenkreuz
g tellerförmige Schraubenfeder.

Abb. 3. Verstärker im Turmzimmer unterhalb der Plattform.
a, b Achsstümpfe *e, f* Schleiffedern *m, n* Zahnkränze
c, d Kollektoren *g, h* Elektromotoren *o, p* Zahnräder.
k, l Drehscheiben

die Scheibe *l* und damit auch den Schleiffederhalter *f* so lange, bis die Schleiffedern die Unterbrechungsstelle in den Halbringen erreicht haben. Der Winkelwert der Scheibendrehung ist dabei genau gleich dem Drehwinkel der Windfahne. Es ist selbstverständlich, daß der Stromweg: Schleiffedern — Halbringe — Anker und zurück, so gewählt ist, daß das Nachdrehen der Drehscheibe sinngemäß der Windfahnendrehung folgt. In der eingenommenen Stellung bleibt nun die Drehscheibe so lange unverändert stehen, bis die Windfahne eine neue Schwenkung ausführt.

Das für die Windfahne Gesagte gilt natürlich auch für den gleichgebauten Verstärker des gebremsten Schalenkreuzes, nur mit der Ausnahme, daß das Schalenkreuz sich im Höchstfall nur um 70° drehen kann, während die Windfahne volle Drehungen ausführt.

Beide Drehscheiben *k* und *l* stehen mit den Zahnrädern *o* und *p* in Eingriff. Von ihnen führen Transmissionsgestänge nach unten und über ein Winkelradvorgelege unmittelbar an die beiden Außenzeiger. Diese sind in bezugr auf Länge und Gewicht recht groß bemessen. Der Richtungszeiger mißt von Mitte bis Zeigerspitze rd. 2,5 m, der Zeiger für die Windstärke hat die stattliche Länge von rd. 5 m, das Gewicht eines jeden Zeigers beträgt rd. 30 kg.

Die Zeigerwellen liegen ineinander und sind zwecks leichter Drehbarkeit in Rollen- oder Kugellagern geführt, wie überhaupt alle Lager, mit Ausnahme der beider Motoren, als Kugellager ausgebildet sind. Die beiden Zeiger sind statisch ausgewuchtet, eine dynamische Auswuchtung ließ sich bei der Form der Zeiger nicht durchführen.

Aus der Darstellung der Wirkungsweise geht hervor, daß ein Außertaktfallen zwischen Zeiger einerseits und Windfahne sowie gebremstem Schalenkreuz anderseits nicht möglich ist; selbst nach längerer Stromunterbrechung stellen sich die Zeiger bei Wiedereinsetzen des Stromes sofort wieder in die richtige Lage ein.

Bei der beschriebenen Ausführung sind Windrichtung und Windgeschwindigkeit nur an der Stellung der beiden Zeiger ablesbar; eine graphische Darstellung oder eine fortlaufende Aufzeichnung beider Elemente auch mit Bezug auf den zeitlichen Verlauf ist nicht vorgesehen. Es bedarf aber wohl keines besonderen Hinweises, daß das Anfügen einer Aufschreibeinrichtung an das jetzige Meßgerät mit der Einrichtung, daß ein Papierstreifen verhältnisgleich der Windgeschwindigkeit abrollt, den Wert der Anlage in wissenschaftlichem Sinn und in Sonderheit ihre Bedeutung für meteorologische Zwecke ganz erheblich steigern würde. Durch eine Erweiterung der Anlage nach dieser Richtung hin würde die für das Studium der Windverhältnisse überaus günstige Lage des Museumsturmes erst voll ausgenützt werden.

[M 612] Eduard Becker.

Längenmessung in der Technik mit Hilfe der Interferenz des Lichtes.

Bei der Herstellung der Maschinen in Reihen und der dadurch bedingten Austauschbarkeit von Einzelteilen ist es notwendig, sich empfindlicher und doch zugleich widerstandsfähiger Meßgeräte zu bedienen. Eine solche Art von Meßgeräten, sogenannten Lehren, hat als starre Grenzlehre eine große Verbreitung und genügt in bezug auf Empfindlichkeit, Widerstandsfähigkeit und Handlichkeit den höchsten Ansprüchen. Die Genauigkeit dieser Grenzlehren beträgt im Höchstfalle für Durchmesser von 1 bis 100 mm 0,8 bis 2,5 μ. Bei der Herstellung dieser Lehren ist es daher notwendig, viel kleinere Genauigkeitsgrenzen einzuhalten, die noch unter 0,8 bis 2,5 μ liegen müssen.

Die Größe der Genauigkeit beim Messen ist bekanntlich abhängig von dem physiologisch unvermeidlichen Beobachtungsfehler, den man allerdings mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitstheorie aus einer Anzahl von Beobachtungen leicht abschätzen kann, dann von dem Unterschied gegen die Bezugstemperatur von 20 °C, auf die alle Messungen zurückgeführt werden, ferner von dem Unterschied gegenüber dem Platin-Iridium-Maßstab und endlich von etwaigen Unterschieden der Ausdehnungsbeiwerte. Geringe Temperaturunterschiede beeinflussen die Genauigkeit schon ganz erheblich. Außerdem beträgt der Fehler des in Paris aufbewahrten Platin-Iridium-Maßstabes selbst 0,2 μ, so daß bei einer ganz getreuen Nachbildung der Fehler des Vergleichmaßstabes bis 0,4 μ beträgt.

Die Mängel der Vergleichsmessung lassen sich beheben, wenn man von den Mängeln bei der Beobachtung absieht, indem man die Längen der Vergleichsmaße, sogenannte Parallel-Endmaße, in den stets unveränderlichen Wellenlängen einer bestimmten Spektrallinie ausdrückt. Bekanntlich besteht die Ausbreitung des Lichtes aus einer Wellenbewegung mit ungeheuer kleinen Wellenlängen. Die lineare Größe dieser Wellenlängen wird mittels des Rowlandschen Beugungsgitters gemessen, das im Prinzip eine Vervollkommnung des Frauenhoferschen Gitters ist. Die Wellenlänge des roten Cadmiumlichtes wird beispielsweise mit 0,643 846 96 μ gefunden, bei bestimmten Voraussetzungen hinsichtlich Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Temperatur.

Zur Ermittlung der Längen der Parallel-Endmaße bedient man sich der Interferenz des Lichtes. Das Prinzip der Interferenz steht in Zusammenhang mit der Wellennatur des Lichtes und läßt sich für gewöhnlich nicht wahrnehmen. Sie äußert sich als Farbenerscheinung bei Verwendung von dünnen Glasplättchen, auf die das Licht senkrecht auffällt oder bei Verwendung von plankonvexen Glaslinsen.

Der Interferenzgrundsatz sagt aus, daß sich die Elongationen zweier Wellenzüge einer Lichtquelle algebraisch addieren und eine resultierende Wellenbewegung bewirken.

In Abb. 4 ist die resultierende Wellenbewegung aus zwei verschieden großen aber gleichgerichteten Elongationen (gestrichelt und strichpunktiert) zusammengesetzt. In Abb. 5 fällt die Resultierende mit der Abszisse zusammen, da die Elongationen gleich groß und entgegengesetzt sind, gleiche Lichtstärke vorausgesetzt. In diesem Falle tritt der Zustand der Dunkelheit ein, Abb. 5. Interferieren also Strahlen gleicher Intensität um eine halbe Wellenlänge oder allgemein um $(2n+1)\frac{\lambda}{2}$, dann tritt der Zustand der Dunkelheit ein, verstärkte Helligkeit tritt auf bei einem Phasenunterschied von einer oder dem Vielfachen einer Wellenlänge, allgemein bei $(n-1)\frac{\lambda}{4}$.

Abb. 5. Gleichgroße entgegengesetzt gerichtete Elongationen.

Um daraus einen Schluß auf die Dickenänderung eines Körpers zu ziehen, betrachte man den von zwei Glasplatten eingeschlossenen Luftkeil, Abb. 6. Bei genügend großer Entfernung der Lichtquelle können die einfallenden Grenzstrahlen als parallel betrachtet werden. Es ist dann ersichtlich, daß der Grenzstrahl, der in *b* auftritt, einen größeren Weg zurückzulegen hat, als der in *c* auftreffende Grenzstrahl. Entsprechend dem Gangunterschied der im Brennpunkt der Linse zusammentreffenden Grenzstrahlen kann dann entsprechend dem vorhin Angeführten auf die Dickenänderung geschlossen werden. Dem Abstand zweier dunkler oder heller Streifen, die im Brennpunkt der Linse auftreten, entspricht dann eine Dickenänderung des Keiles von einer halben Wellenlänge des verwendeten Lichtes.

Zur bequemen Längenbestimmung bzw. Vergleichung mit einem Normalendmaß verwendet man ein sogenanntes Interferometer, das auf dem vorhin angedeuteten Prinzip der Interferenz beruht und von Kösters, der Firma Loewe, Berlin, und Zeiß, Jena, scharfsinnig durchdacht und ausgebildet worden ist.

Man verwendet bei dem Interferometer, Abb. 7, als Lichtquelle eine unter einigen Millimetern Q.-S.-Druck mit Helium

Abb. 6.

Abb. 4. Verschieden große, aber gleichgerichtete Elongationen mit Resultierender

n Normalendmaß
p Vergleichsmaß.

Abb. 7. Interferometer

gefüllte Geißlerröhre. Um das mit starker Intensität auftretende Heliumlicht abzuschwächen, setzt man vor den Kondensor einen Methylviolett-Filter. Die Strahlen, die durch das linksseitige Objektiv hindurchgehen, verlassen es als Parallelstrahlen und treffen senkrecht auf die Prismenanordnung, die im Prinzip mit dem der Abb. 6 übereinstimmt und sich nur im Einfallwinkel unterscheidet. Die Strahlen durchsetzen dann die halbdurchlässig versilberte Hypotenusenfläche eines anderen Prismas und eine halb durchlässig versilberte Planplatte und treffen auf das Normalendmaß *n* und das Vergleichsmaß *p*, die auf eine Quarzplatte aufgesprengt sind. Die Quarzplatte kann man durch drei Schrauben verstellen, um so den gewünschten Luftkeil zwischen den oberen Meßflächen der Endmaße und der unteren Fläche der Planplatte zu erhalten. Die ankommenden Strahlen werden an der halbdurchlässig versilberten Prismenfläche reflektiert und durch das rechte Objektiv zu einem Bild vereinigt. Die so erzeugten Interferenzstreifen werden mit einem kleinen Fernrohr beobachtet, vor das ein Grünfilter gesetzt ist. Man erblickt dann die Interferenzstreifen der beiden Endmaße und stellt durch Vergleichen gleichartiger Farbstreifen den Unterschied in Wellenlängen fest. Bei vollständiger Parallelität kann man durch Vervielfachen mit dem entsprechenden Wellenlängenbetrag den Unterschied ohne weiteres feststellen. Anders ist es bei dem häufigen Fall der Unparallelität, bei dem gewisse Berichtigungen notwendig sind.

Gleichzeitig gestattet das Verfahren mit dem Interferometer eine Untersuchung von Flächen auf Parallelität und Unebenheiten. Die geringste Abweichung von der Parallelität macht sich in einer Verformung der regelmäßig verlaufenden Interferenzstreifen bemerkbar. [M 330] Fr. Schildberger.

Dampfkraftanlagen.

Das Dampfkesselwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika.

(Nachtrag zu dem Bericht S. 1088 und 1160.)

Zum Vortrag von Dr.-Ing. Münzinger hatte Dipl.-Ing. Laaser, Berlin, noch vor der Hauptversammlung in Augsburg eine Äußerung eingesandt, die leider, zumal der Verfasser dann auf das Wort verzichtet hatte, bei der Bearbeitung des Meinungsaustausches übersehen worden ist. Wir teilen daher nachstehend den wesentlichen Inhalt dieser Ausführungen mit:

Mit Ausnahme der Elektrizitätswerke bilden bei den Dampfanlagen in Deutschland im allgemeinen Kessel von 300 bis 500 m² die Regel, zumal Anlagen wie die Leunawerke und die des Anilinkonzerns außer auf großen Hüttenwerken kaum vorkommen. Dadurch erklärt sich der Unterschied in der Einteilung, der sich auch in den Kosten der Bedienung auf je 1000 m² Heizfläche ausdrückt. Eine Änderung dürfte hierin bei uns kaum eintreten, es sei denn, daß infolge der neueren Entwicklung der Höchstdruckanlagen die sogenannten Blockheizkraftwerke mehr Ausdehnung gewinnen würden, was jedoch nicht ganz einfach ist. Wir werden uns also wohl mehr damit befreunden müssen, den Gesamtwirkungsgrad der Einzelanlagen zu heben, wobei — dem Vortragenden ist darin zuzustimmen — weniger der Einzelwirkungsgrad als der Gesamtwirkungsgrad in Betracht kommt. Demnach dürfte für unsere Verhältnisse viel mehr die Erhöhung der spezifischen Verdampfleistung anzustreben sein, und man kann leicht berechnen, wie sich die im Vortrag erwähnte Verdoppelung der spezifischen Leistung auf den Zinsendienst, also die festen Kosten, auswirken wird. Mit den Maschinen sind wir soweit, es fehlen nur noch die Kessel.

Sehr wichtig ist die Wasseraufbereitung. Jeder Beteiligte weiß, wie verhältnismäßig stiefmütterlich, ja beinahe fatalistisch diese bei uns behandelt wird, obwohl zur Genüge bekannt ist, was reines Wasser für Hochleistungskessel bedeutet. Bei diesen ist auch der Wasserumlauf sehr wichtig, für den man bereits verschiedene Erklärungsversuche vorgebracht hat, u. a. auch der Vortragende selbst, der indessen zugibt, daß sichere Feststellungen sehr große Schwierigkeiten machen. In seinem 1922 erschienenen Buch „Leistungssteigerung von Großdampfkesseln" hat der Vortragende allerdings darauf hingewiesen, daß geregelter, kräftiger Wasserumlauf vorwiegend betriebstechnische, weniger wirtschaftliche Bedeutung habe. Dem kann man nicht ganz zustimmen; denn wenn, wie zu erwarten, bei besserem Wasserumlauf die spezifische Verdampfleistung wächst, so hat dies doch wohl große wirtschaftliche Bedeutung. Man kann dann ruhig erhöhten Zugverlust in den Kauf nehmen; denn es kommt immer nur auf den Gesamtwirkungsgrad, und zwar den wirtschaftlichen, an.

Was die Ausbildung der Feuerung und der Gewölbe anbelangt, so sind wir, wie der Vortrag von Schulte auf der Kohlentagung Essen bewiesen hat, auf einem verheißungsvollen Wege zum Ziele; beides, nämlich Leistungssteigerung und Entwicklung der Feuerung, werden hoffentlich bald dazu beitragen, die erwünschte Normung zu beschleunigen, oder doch wenigstens Normalmaße für bestimmte Kesselgrößen festzulegen.

Geräte zur Überwachung und selbsttätigen Regelung des Kesselbetriebes sind bei uns noch rechte Stiefkinder, da sie angeblich zu viel Geld kosten. Bei richtiger Ausführung lohnen sich aber solche Einrichtungen immer. Dann wird man auch Betriebsergebnisse erhalten, die in vielen mittleren und kleinen Betrieben nicht zu haben sind, und durch Austausch der Erfahrungen die Leistungsfähigkeit der Einzelwerke nachprüfen und verbessern können. Geheimniskrämerei hat uns allen mehr geschadet, als sie dem einzelnen genützt hat; in der Praxis findet man, daß diejenigen Betriebe am besten laufen, die am bereitwilligsten Fremde einlassen, um auch von ihnen zu lernen und manche Verbesserungen zu erfahren. Der Betriebsleiter hat mit seinen laufenden Arbeiten zumeist so viel zu tun, daß er, auch schon durch die Gewöhnung an den vorhandenen Zustand (Werkblindheit), wenig Zeit für die ruhige Überlegung aufbringen kann, welche Entwicklung sein Werk einschlagen wird. Deshalb sollte er auch für Anregungen von anderer als von Verkäuferseite zugänglich sein, um das Ziel seiner Anstrengungen, nämlich Verbesserung und Erhöhung der Produktion, erreichen zu können. [D 584]

Gießerei.

Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisengießereien (Gießereiverband)

vom 26. bis 28. August in Düsseldorf.

Fertigung und Forschung sind die beiden Schlagwörter, die am meisten genannt werden, wenn in Ingenieurkreisen die Lage der deutschen Industrie besprochen wird. Amerika gilt dabei meist als vorläufig unerreichtes Vorbild, als Beispiel gründlichster Durchbildung der Fertigung; in wissenschaftlicher Forschung glaubt man in Deutschland, hinter keinem Lande zurückzustehen.

Von dem Gedanken wissenschaftlicher Durchdringung und Überwachung der Fertigung waren auch die technischen Vorträge auf der diesjährigen Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisengießereien getragen. Zunächst gab Prof. Dr. Piwowarsky einen umfassenden Überblick über die wissenschaftlichen Grundlagen zur Erzeugung hochwertigen Graugusses. Nach Erörterung der zweckmäßigsten Zusammensetzung hochwertiger Gußeisensorten wurden die theoretischen und metallurgischen Grundlagen für die Kohlenstoff- und Graphitverminderung behandelt. Aus wirtschaftlichen Gründen wird der hochwertige Grauguß den weichen bis mittelharten Stahlguß niemals ersetzen können, dagegen wird er einem harten Stahlguß überlegen bleiben.

Sodann sprach Dr. Kühnel, Berlin, über Untersuchungen hochwertigen Gusses. Neben der Feststellung der Zugfestigkeit erlangte die Biegeprobe eine überragende Stellung bei Bewertung des Werkstoffes. Neuerdings haben die Gefügeuntersuchung und die Härteprüfung an Bedeutung gewonnen. Die Prüfungen auf Dauerschlag- und Kerbzähigkeit sowie auf Bearbeitbarkeit und Abnutzung sind noch wenig verbreitet. Bei hochwertigem Eisen steigt die Zugfestigkeit etwa um das Doppelte, die Dauerschlagfestigkeit auf das Drei- bis Fünffache. Die Werte der Kerbzähigkeit zeigen nur eine geringe Zunahme, jedoch streuen diese Werte viel weniger als die der andern Proben.

Zum Schluß teilte Dr. Werner, Düsseldorf, Beobachtungen aus der amerikanischen Gießereipraxis mit. Wenn man in Amerika Grauguß gleicher Güte wie in Deutschland für denselben Preis kaufen kann, obwohl die Löhne dort höher und die Rohstoffpreise ungefähr gleich sind, und obwohl das auch bei handgeformten Gegenständen der Fall ist, so ist das auf die größere Leistung des einzelnen Arbeiters und auf die weitgehend durchdachte und zerlegte Fertigung zurückzuführen. Trotz des Fehlens sozialer Einrichtungen, trotz täglicher Kündigungsfrist usw. ist das Verhältnis zwischen Unternehmer und Arbeiter in Amerika im allgemeinen besser als in Deutschland. Die mechanischen Fördereinrichtungen in amerikanischen Gießereien verwirklichen den dort geltenden Grundsatz, wonach weder der Arbeiter noch die Maschine noch der Werkstoff ruhen dürfen. Selbst durch den Trockenofen wandern die Kerne stetig durch. Natürlich kosten solche Anlagen zum Teil große Summen.

[N 894] Dr. A.

Verkehrswesen.

Wasserstraßenpläne in den Vereinigten Staaten.

Der leitende Stabsingenieur im Heere der Vereinigten Staaten, dem auch das Wasserstraßenwesen untersteht, hat kürzlich in einem Brief an das Ingenieuramt für Flüsse und Häfen die Wirtschaftlichkeit des geplanten Kanales zwischen dem Ohio und dem Eriesee sehr ungünstig beurteilt. Als Unterlagen dienten die Pläne von drei technisch möglichen Lösungen, nach denen die Bau-, Betrieb-, Umschlag- und reinen Schleppkosten berechnet wurden. Ein Vergleich dieser Kosten mit den entsprechenden des Eisenbahnbetriebes lehrt, daß die Bau-, Betrieb- und Umschlagkosten des Kanals in keinem rechten Verhältnis zu den Ersparnissen aus dem reinen Schleppbetrieb stehen, wobei noch zu beachten ist, daß man heute auf schnelle und zuverlässige Beförderung, wie sie die Eisenbahn erreicht, besonderen Wert legt. Gegen diese Entscheidung können die Kreise, die den Kanalbau befürworten, innerhalb von vier Wochen Stellung nehmen. Endgültig wird der Kongreß durch Bewilligung der Mittel entscheiden. („Engg. News-Rec." Bd. 94 (1925) Nr. 16.) [N 585] Bu.

Kleine Mitteilungen.

Ölmotoren beim Betrieb von Ölfernleitungen.

Die teuren Eisenbahn- und Schiffsfrachten für Rohöl und der steigende Bedarf an diesem Brennstoff, der mit der Entwicklung und Ausbreitung der Dieselmaschinen eng zusammenhängt, haben zum Ausbau der Rohrfernleitungen für die Beförderung des Rohöles geführt. Während früher die Fracht für 100 kg Öl über 10 km 12,6 bis 21 ℳ betragen hatte, kostet die Beförderung der gleichen Menge jetzt in Rohrleitungen von Texas nach Chicago nur noch rd. 2 ℳ. Das Leitungsnetz der Prairie Pipe Line Co. umfaßt jetzt 18 000 km und fördert täglich 20 000 t. Die Leitungen haben rd. 200 bis 330 mm Dmr. („Mechanical Engineering" Sept. 1925 S. 743.) [N 949 a] Js.

Verwendung von Holzabfällen in Feuerungen.

Die American Society of Mechanical Engineers hat soeben eine Vortragsreihe veranstaltet, die sich mit den verschiedenen Formen der für Holzabfälle geeigneten Feuerungen befaßt. Beachtenswert ist u. a. eine Treppenrostfeuerung, bei der die Kesselrohre außer durch ein besonderes Gewölbe noch durch einen nasenförmigen Vorbau des Gewölbes gegenüber dem feuchten Holz abgeschlossen sind. Diese Schutzwand bietet auch eine weitere glühende Fläche, die die Wärme auf die Brennstoffschicht zurückstrahlt und die Schwelgase zum Zwecke der restlosen Verbrennung zu der Stelle hinlenkt, wo die größte Hitze entwickelt wird. Die zusätzliche Verbrennungsluft tritt durch Düsen im Treppenrost von unten her zu, während der Hauptteil der Verbrennungsluft als Oberwind zugeführt wird. Bei dieser verhältnismäßig hohen Gewölbeform wird eine sehr vollkommene Verbrennung erzielt und die Verstopfung der Düsen durch Aschenrückstände vermieden. Die Schlacke, die sich auf dem Treppenrost ansetzt, kann man leicht ohne Störung des Betriebes entfernen. Für größere Leistungen hat man eine Planrostfeuerung in Herdform durchgebildet, der die Luft durch besondere Ventilatoren zugeführt wird und die als Aushilfe Ölbrenner verwendet. Für feuchte Holzabfälle dient eine Planrostfeuerung mit besonders großer Rostfläche. Eine Feuerung für senkrechte Kessel hat einen Planrost und zwei Gewölbe, wodurch man einen eigentlichen Verbrennungsraum vor den Kesselrohren schafft. Die Luftzuleitungen sind hier im Gemäuer eingelassen und werden durch einen Ventilator versorgt. („Power" 25. August 1925 S. 304/05.) [N 949 b] Sd.

Neues Verfahren der elektrischen Roheisen- und Rohstahlgewinnung.

Wie auf der diesjährigen Tagung des Iron and Steel Institute in Birmingham berichtet wurde, hat man in den letzten drei Jahren in der Technischen Hochschule Stockholm mit Hilfe eines besonders entworfenen 30 kW-Elektroofens Versuche mit einem neuen Verfahren, Eisen aus Erzen unmittelbar herzustellen, durchgeführt, die in den Eisenwerken in Hagfors, Schweden, in einem 300 kW-Elektroofen im großen bis zu 114 Schichten fortgesetzt wurden. Dabei wurde aus schwedischem Hämatit unter Zusatz von englischen Steinkohlen und schwedischen Holzkohlen Eisen gewonnen, das besser als das bisher im Hochofen und in der Bessemerbirne erzeugte war. Aus dem Erz wird das Eisen in ununterbrochenem Arbeitsgang tropfenweise ausgeschmolzen, wodurch sich Schwefel und Phosphor leicht ausscheiden. Der Kohlenstoffgehalt beträgt 0,02 vH. Der Ofen arbeitet ohne Luftzufuhr mit geringem Überdruck. Einzelheiten fehlen noch. („The Engineer" 11. Sept. 1925 S. 262.) [N 949 c] Gw.

Kolloidale Ausscheidungen in Legierungen. Duraluminhärtung.

In der Metallurgie der Legierungen spielen kolloidchemische Vorgänge seit Jahren eine wichtige Rolle. Insbesondere hat sich die Metallurgie der Eisen-Kohlenstoff-Verbindungen dieser Betrachtungsweise bedient, um die weittragenden Beziehungen zwischen Korngröße und Eigenschaften der Legierungen aufzuklären. So hat man die Verschiedenheit des Dispersitätsgrades z. B. von Austenit, Martensit, Troostit usw. als kennzeichnend für die technische Verwendbarkeit der verschiedenen Bestandteile des Gefüges von Eisen-Kohlenstoff-Verbindungen angesehen. Auch bei der Alterung, Ermüdung und Verformung der Metalllegierungen kann man die Kolloidlehre verwenden, da diese Vorgänge im Sinn einer Dispersitätsverringerung verlaufen. H. Andrew hat in der Herbstversammlung des Institute of Metals zuerst eine aus dem Jahr 1911 stammende Arbeit von Carpenter über die Anwendung der Kolloidlehre auf den Zerfall des β-Messings in α und γ besprochen; dieser wurde dadurch hervorgerufen, daß ein dünner Draht dem Wechselstrom einer Induktionsspule ausgesetzt wurde; dann versuchte Andrew die Alterung des Duralumins mit Hilfe der Kolloidlehre zu erklären. Bei seinen Versuchen soll es gelungen sein, das Altern des Duralumins (Ausglühen bei 500 °C und mehrtägiges Lagern) mit Hilfe von Wechselstrom zu beschleunigen. Er schreckte dabei zwei Drähte nach dem Glühen bei 500° in kaltem Wasser ab und setzte den einen Draht dem Wechselstrom aus, der rascher erhärtete als der andre Draht. In dem sich an den Vortrag anschließenden Meinungsaustausch trat aber hervor, daß die Anschauungen über das Wesen der Kolloide und ihre Bedeutung für die Legierungen noch durchaus nicht geklärt seien. („Engineering" 4. September 1925 S. 311*). [N 949 d] Wf.

Materialprüfung bei hoher Temperatur.

Werkstoffe für Kessel, Turbinen, Ventile usw. werden im Betriebe bei rd. 315 bis 400 °C beansprucht. Sie müssen daher auch bei diesen Temperaturen geprüft werden[1]). Hierbei treten zwei besondere Schwierigkeiten auf, das Einhalten einer gleichförmigen Erwärmung des Probestabes und das genaue Ablesen der Temperatur. Eine Heizvorrichtung für Zerreißprobestäbe hat W. Spring angegeben. Das Wesentliche daran ist die elektrische Heizung. Zur Erzielung gleicher Temperaturen über die ganze Länge des Probestabes sind die Heizdrahtwindungen an den Enden enger und in der Mitte des Stabes sehr weit gewickelt. Zum Vergleich wurde eine Heizvorrichtung mit gleichmäßig eng gewickeltem Heizdraht über die ganze Länge des Probestabes herangezogen. Den Unterschied zeigt folgende Tafel:

Gewünschte Temperatur	Heizdrähte gleichmäßig gewickelt					Heizdrähte ungleichmäßig gewickelt				
	°C 21	°C 149	°C 260	°C 399	°C 538	°C 21	°C 149	°C 260	°C 399	°C 538
Gemessene Temperatur										
am Ende d. Probestabes	21	149	260	399	538	21	149	260	399	538
i. d. Mitte d. Probestabes	21	154	272	427	588	21	149	260	401	540
am Ende d. Probestabes	21	146	254	388	521	21	154	254	396	533

Man sieht hieraus deutlich, daß die Temperatur des ungleichmäßig gewickelten Stabes selbst bis zu 540 °C über die Stablänge nur ganz wenig verschieden ist. Die Ergebnisse der Zerreißversuche in beiden Heizeinrichtungen waren:

Temperatur °C	Festigkeit bei gleichmäßig gewickeltem Heizdraht kg/mm²	Festigkeit bei ungleichmäßig gewickeltem Heizdraht kg/mm²
21	55	55
149	—	50
232	49,9	53,8
260	53,3	54,1
315	53,9	52,4
371	52,3	46,2
482	38,2	30,7
538	30,0	24,2
650	18	13,2

(„Power" 1. September 1925 S. 325/29*.) [N 949 e] A.

Neue Nordberg-Dieselmaschine.

Diese Zweitaktmaschine der Kreuzkopfbauart, die mit drei, vier, fünf und sechs Zylindern von 425 mm Zyl.-Dmr. und 559 mm Hub und für 150 PS Leistung des einzelnen Zylinders bei 225 Uml./min hergestellt wird, arbeitet mit Lufteinspritzung und Regelung der eingespritzten Brennstoffmenge durch Steuerung des Ansaugventils der Brennstoffpumpe. Bemerkenswert ist namentlich die Verwendung einer reinen Umlaufschmierung, die auch die Kühlung der Kolben besorgt. Eine unmittelbar vom Ende der Kurbelwelle angetriebene Zahnrad-Ölpumpe saugt aus dem Ölsumpf am Boden des Kurbelgehäuses das Öl an und drückt es über zwei hintereinander geschaltete Siebreiniger über einen Rohrkühler, durch den das Kühlwasser der Maschine vor seinem Eintritt in die Zylindermäntel geleitet wird, in ein Druckverteilrohr, an das getrennte Leitungen zu den Hauptlagern angeschlossen sind. Von den Lagern aus gelangt das Schmieröl über Bohrungen der Kurbelwelle und der Pleuelstangen auf die Kurbelzapfen und die Kreuzkopfzapfen und strömt durch besondere Ölrohre unmittelbar gegen die Innenseiten der Kolben aus, an denen es in schraublinienförmigen Rillen entlang geführt wird. Von hier wird das Öl durch Auffangrohre in das Kurbelgehäuse zurückgeleitet. Damit sich das im Zylinder teilweise verkokte Schmieröl nicht mit dem Inhalt der Kurbelkammer vermengen.

[1]) s. a. G. Welter: Elastizität und Festigkeit von Spezialstählen bei hohen Temperaturen. Forschungsarb. Heft 230, Herausgeg. vom V. d. I.

kann, sind die Kolben mit zwei Arten von Abstreifringen versehen, wovon die oberen das verschlechterte Zylinder-Schmieröl nach außen abführen und die unteren das auf die Lauffläche des Kolbens abgespritzte überschüssige Öl abstreifen und ins Kurbelgehäuse zurückleiten. Der dreistufige Kompressor, der die obere Stufe der Spülluftpumpe bildet und von dem einen Ende der Kurbelwelle mittels Schleppkurbel angetrieben wird, ist mit drei Luftkühlern ausgerüstet, die in Öffnungen des kastenartig geschlossenen Gehäuses der Maschine so eingebaut sind, daß man sie zugleich mit dem Öffnen der zugehörigen Deckel herausdrehen kann. („Power" 1. September 1925 S. 345/47*.) [N 949 f] H.

Aeronautisches Versuchslaboratorium an der Universität New York.

Das Versuchslaboratorium der Guggenheim-Schule soll in erster Linie mit einem neuen Windkanal ausgerüstet werden, der sich für aerodynamische Versuche an größeren Modellen eignet. Der Kanal soll rd. 6 m² Querschnitt erhalten und mit Windgeschwindigkeiten bis zu 160 km/h arbeiten, die mittels einer von einem Elektromotor angetrieben vierflügeligen Luftschraube erzeugt werden. Der Kanal soll 30 m lang werden. („American Machinist" 12. September 1925 S. 237/39*.) [N 949 g] Js.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Verklungene Meisterpatente. Herausgegeben vom Reichspatentamt. Berlin 1925, Carl Heymann. 7 Handschriftendrucke m. 54 S. u. 8 Taf. Preis, Ganzpergament geb. 200 *M*, Leinwand geb. 120 *M*.

Dem Deutschen Museum in München sind bei seiner Eröffnung vielerlei Anerkennungen und Geschenke in mannigfachster Form dargebracht worden. Das Reichspatentamt hat unter dem Titel „Verklungene Meisterpatente" aus seinen Schätzen einige Dokumente herausgegriffen und sie in vollkommen ursprünglicher Wiedergabe mit großen farbigen Zeichnungen und handschriftlichen Erläuterungen in einem Bande zusammengefaßt. Borsig, Siemens, Krupp, Eugen Langen und Otto sind in dem hervorragend ausgestatteten Werk vertreten.

August Borsig hat am 14. Januar 1841 ein Patent bekommen auf eine selbsttätige Speisevorrichtung für Dampfkessel, ein Problem, das damals die technische Welt sehr stark beschäftigte. Am 19. Oktober 1843 wurde ihm seine Expansionssteuerung für Lokomotiven geschützt. Man wird daran erinnert, wie es auch damals schon nicht ganz gleichgültig war, wieviel Dampf eine Lokomotive verbrauchte.

Von Werner Siemens ist ein Patent vom März 1842 wiedergegeben, worin Werner Siemens, Leutnant der Dritten Artillerie-Brigade, eigenhändig auf vier Seiten beschreibt, wie man Gold zum Vergolden auf nassem Wege auflösen könne. Besonders bemerkenswert aber ist die Wiedergabe des Patentes vom 7. Oktober 1847, das sich auf den elektrischen Telegraphen bezieht. Auf acht eng beschriebenen Folioseiten, mit der charakteristischen Siemensschen Schrift, beschreibt er „eine Art elektrischen Telegraphen und eine damit verbundene Vorrichtung zum Druck der Depeschen". Auch eine große eigenhändige Zeichnung ist beigefügt.

Alfred Krupp ist vertreten mit seinem Patent vom September 1849, das ihm die „Verbindung eines Geschützrohres aus Gußstahl mit einer metallenen Enveloppe" schützt, und dem Patent vom März 1853, das ein Verfahren, Radbeschläge aus Gußstahl ohne Schweißen herzustellen, behandelt.

Das letzte in diesem Bande wiedergegebene Patent wurde am 21. April 1866 Eugen Langen und N. A. Otto erteilt. Es enthält auf 14 Seiten die eigenhändig von Otto geschriebene Darstellung, die auch Langen mit unterzeichnet hat. Auch eine große Zeichnung der atmosphärischen Maschine ist beigefügt.

So sehen die bescheidenen Anfänge aus, die damals auch bei den kühnsten Optimisten keine Vorstellung von der riesigen Entwicklung der Verbrennungskraftmaschinen erwecken konnten. Es ist mit Dank zu begrüßen, daß diese wertvolle Gabe des Patentamtes auch in beschränkter Zahl wenigstens den Freunden der Geschichte der Technik zugänglich gemacht wurde.
[E 773] C. M.

Die Differentialgleichungen des Ingenieurs. Darstellung der für Ingenieure und Physiker wichtigsten gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen einschließl. der Näherungsverfahren und mechanischen Hilfsmittel. Mit besonderen Abschnitten über Variationsrechnung und Integralgleichungen. Von W. Hort. 2. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. XII u. 700 S. m. 308 Abb. u. 2 Taf. Preis geb. 14 *M*.

In der zweiten Auflage ist das in dieser Zeitschrift Bd. 59 (1915) S. 364 besprochene Buch durch die numerische Integration von Differentialgleichungen erster und zweiter Ordnung nach G. Duffing, durch die Näherungsbehandlung von Differentialgleichungen zweiter Ordnung (§ 56 bis 66) von K. Lachmann und durch zwei Abschnitte über Variationsrechnung und über Integralgleichungen (§ 120 bis 129), von W. Birnbaum vervollständigt worden. Das Werk stellt eine Bereicherung unsrer Literatur dar; nicht bloß Ingenieure und Physiker, sondern auch Mathematiker werden daraus viel lernen können. Deshalb wäre aber die größte Genauigkeit in jeder Zeile wünschenswert. Sie fehlt an manchen Stellen. Man vergleiche S. 90 und S. 109; ob man $\frac{d^2 y}{d x}$ für $d\left(\frac{d y}{d x}\right)$ schreiben darf, bezweifle ich; daß leicht Fehler dadurch entstehen, zeigt S. 109 (3). Da und dort sind Druckfehler stehen geblieben, die beim Lesen stören, z. B. S. 81 (3), S. 91 (9), S. 109 (4), S. 114 (25 a), S. 121 (5), S. 494 (ε_y) usw. Auf S. 123 wird das Verhältnis der Längsdehnung zur Querkontraktion mit m bezeichnet; auf S. 126 ist von $\frac{1}{m}$ als der Poissonschen Konstante die Rede, ohne nähere Erklärung, und endlich auf S. 494 erfährt der Leser, daß $\frac{1}{m}$ = Querdehnung durch Längsdehnung ist. Ähnlich ergeht es den Besselschen Funktionen; sie werden auf S. 393 eingeführt, aber im § 96 heißen sie, jedoch nur in der Überschrift, Zylinderfunktionen, was ungenau ist, weil es sich hier nur um Funktionen des Kreiszylinders handelt, während es auch Funktionen des parabolischen und des elliptischen Zylinders gibt, die bei Schwingungen der betreffenden Membranen auftreten. In Anm. 94 vermisse ich die deutsche Übersetzung von Gauß, Disquisitiones circa seriem infinitam, die seinerzeit auch bei Springer erschienen ist; in Anm. 103 könnte hinzugefügt werden das Werk von A. Wangerin, Theorie des Potentials und der Kugelfunktionen, Leipzig 1921, Göschen. Doch das sind alles nur Schönheitsfehler, die sich leicht beseitigen lassen. Der Verfasser ist wie wenige in den Gegenstand tief eingedrungen; seinem Werk ist die weiteste Verbreitung zu wünschen. [E 745] Haentzschel.

Die Differential- und Integralgleichungen der Mechanik und der Physik. I. mathem. T. Herausg. Richard v. Mises. Braunschweig 1925, Vieweg & Sohn A.-G. 686 S. m. 76 Abb. Preis geh. 40 *M*, geb. 44 *M*.

Maschinenlehre der elektrischen Zugförderung. Von W. Kummer. Bd. I: Ausrüstung der elektrischen Fahrzeuge. 2. umgearb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 168 S. m. 92 Abb. Preis 9,60 *M*.

Der Eisenbetonbau. Von C. Kersten. T. I: Ausführung und Berechnung der Grundformen. 13. neubearb. u. erw. Aufl. Berlin 1925, Wilhelm Ernst & Sohn. 366 S. m. 308 Abb. u. 34 Taf. Preis 8,10 *M*.

Rahmenformeln. Gebrauchsfertige Formeln für einhüftige, zweistielige, dreieckförmige und geschlossene Rahmen. Von A. Kleinlogel. 5. neubearb. u. erw. Aufl. Berlin 1925, Wilhelm Ernst & Sohn. 412 S. m. 1350 Abb. Preis geh. 18 *M*, geb. 19,50 *M*.

Die Fabrik- u. Warenzeichen der verarbeitenden Eisen- u. Metallindustrie von 1894—1924. Bd. 1 u. 2. 2. unveränd. Aufl. Herausg. Erich Beltz. Remscheid 1925, Berg.-Märk. Druckerei G. m. b. H. 584 S. Preis zus. 75 *M*.

Motorships. By A. C. Hardy. London 1925, Chapman & Hall Ltd. 317 S. m. 156 Abb. Preis 15 sh.

Die Wasserkraftnutzung in Österreich und deren geographische Grundlagen. Von Bertel Granigg. Wien 1925, Julius Springer. 123 S. m. 17 Abb. u. 4 Taf. Preis geh. 13,30 *M*, geb. 15 *M*.

Die Deutsche Ölmühlen-Industrie. Festschrift zum 25jährigen Bestehen des Verbandes der Deutschen Ölmühlen. Berlin 1925, Verlag des Verbandes. 275 S. m. zahlr. Abb. Preis 26,50 *M*.

Über die Entladungsvorgänge auf Isolatoren. Von A. Schwaiger. Berlin 1925, Julius Springer. 23 S. m. 23 Abb. Preis 1,50 *M*. (Mitteilungen der Porzellanfabrik Ph. Rosenthal & Co H. 6.)

Waggon - Industrie - Code. Fachergänzung zum „Rudolf - Mosse-Code". Hrsg. v. C. Oppermann und J. Kähler. Berlin 1925, Rudolf Mosse. 104 S. Preis 21 *M*.

Verkehrsordnung und Straßenunfall. Von K. A. Tramm. Berlin 1925, Reimar Hobbing. 51 Taf. Preis 12 *M*.

Deutsches Biographisches Handbuch. Herausg. vom Verbande der Deutschen Akademien. Überleitungsbd. 1914—1916. Berlin und Leipzig 1925, Deutsche Verlagsanstalt. 372 S. Preis 15 *M*.

Grundversuche mit Detektor und Röhre. Von Adolf Semiller. Berlin 1925, Julius Springer. 39 S. m. 28 Abb. Preis 2,10 *M*.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Hydraulische Hochspeicher-Kraftanlagen.

Wenn Herr Maas in seinem Aufsatz, Bd. 68 (1924) Nr. 45 und 46 S. 1198 u. f. darauf hinweist, daß die Schwarzenbach-Pumpe in ihrer Größe etwas ganz Außergewöhnliches darstellt, so ist hierzu zu bemerken, daß diese Pumpe aus zwei Einheiten besteht und man sie als Doppelsatz bezeichnen muß. Pumpen gleicher Größe sind aber bereits von Gebrüder Sulzer als Speicherpumpen für das Werk Viverone in Italien geliefert worden[1]).

In der Zuschrift von Neumann, Z. Bd. 69 (1925) Nr. 14 S. 452 ist bereits festgestellt worden, daß der Gedanke, die Leitschaufelverstellung bei Kreiselpumpen zu verwenden, verwirklicht ist; größere Verbreitung fand diese Ausführung aber nicht, da die erwarteten Vorteile gegenüber der Schieberregelung ausblieben. Der Leistungsgewinn, wie er in Abb. 29 von Herrn Maas dargestellt wird, entsprechend der schraffierten Fläche zwischen den Leistungskurven I, II, III, dürfte nach meinen Erfahrungen kaum in dieser Größe eintreten, und ob es sich lohnt, die so außerordentlich verwickelte Konstruktion der Leitschaufelregelung nur deshalb anzuwenden, um den Wirkungsgrad zu verbessern, muß ich sehr bezweifeln. Die Absicht des Badenwerkes ging auch, soweit ich unterrichtet bin, gar nicht dahin, durch die Leitschaufelregelung eine Verbesserung des Wirkungsgrades gegenüber der Schieberregelung zu erzielen, sondern man wollte durch jene Regelung die Möglichkeit herbeiführen, die Pumpe weiter herunterregeln zu können, als dies durch Drosselregelung mittels Schiebers bei unveränderlichen Leitschaufeln durchführbar war. Durch die Leitradregelung läßt sich im vorliegenden Fall ein verhältnismäßig kleiner Energieüberschuß des Werkes von etwa 3000 kW verarbeiten, was bei Verwendung der normalen Pumpenkonstruktion nicht möglich gewesen wäre; hier hätte diese Grenze etwa bei 4500 kW gelegen, damit man nicht in die turbulente Zone der Kreiselpumpen hineinkam. Die Leitschaufelregelung wird aber gegenüber der einfachen Drosselregelung durch Schieber so verwickelt, daß ihr Vorteil in anders liegenden oder in normalen Fällen aufgehoben wird. Man muß erst einmal die Versuchsergebnisse mit der Schwarzenbachpumpe abwarten, um den wahren Verlauf der *QH*-Kurve zu erkennen; denn das Diagramm ist nur auf rechnerischer Unterlage aufgebaut, und es wäre wichtig, zu wissen, in welcher Weise Maas seine Charakteristik ermittelt hat.

Wenn bei Speicheranlagen die zu verarbeitenden Überschußenergien starken Schwankungen unterliegen, sollte man die Gesamtleistung auf mehrere Pumpensätze verteilen. Die Anschaffungskosten werden zwar etwas höher sein; aber die Betriebsicherheit gewinnt dadurch ganz erheblich.

Im Grunde genommen ist die Leitradregelung nichts andres als eine Drosselung, wobei durch die Leitschaufeln Energie vernichtet wird. Werden aber Ausbesserungen nötig, so dürfte es viel leichter sein, die zugänglichen Schieber außerhalb der Pumpe auszubessern als die inneren verwickelten Organe der Leitradregelung.

Bekanntlich verändert man bei Hochdruckkreiselpumpen zum Abstufen der Leistung die Leitradquerschnitte. Versuche hierüber mit drei verschiedenen Kanalweiten haben ergeben, daß der jeweils zugehörige Kraftbedarf beim kleinsten Leitradkanal keine Veränderung gegenüber dem größten zeigt. Ich will aber nicht die Möglichkeit bestreiten, daß hierin bei weiterer Verkleinerung der Querschnitte des Leitrades eine Änderung eintritt. Bei sämtlichen Versuchen hatte der Spalt zwischen Leit- und Laufrad das übliche Maß von etwa 1,5 mm; dies wird aber bei den Drehschaufeln, besonders wenn es auf die Schlußstellung geht, viel größer; daher dürften auch größere Wirbelverluste auftreten, als bei der feststehenden Leitschaufel.

Ludwigshafen. **Jacoby.**

[1]) Zeitschrift Bd. 65 (1921) S. 426, Schweiz. Bauz. Bd. 76, 18. und 25. September 1920.

Erwiderung.

Der Hinweis des Herrn Jacoby, daß die Pumpe für das Werk Viverone in der Leistungsgröße dem Schwarzenbach-Pumpensatz gleichkommt, trifft nicht zu. Die Ausschreibung des Badenwerkes verlangte eine Pumpe für eine Förderleistung von 2 m³/s, und es wurde der Firma Escher, Wyß & Cie. in Ravensburg als wirtschaftlichste Lösung der in meinem Aufsatz beschriebene Pumpensatz mit Getriebe in Auftrag gegeben. Dieser ist mit der Verteilrohrleitung und dem Getriebe zu einem untrennbaren Ganzen derart vereinigt, daß eine Pumpenhälfte nicht allein benutzbar ist. Die gemeinsame Druck- und Saugleitung hat nur je ein Absperrorgan, und beide Pumpenhälften werden nur durch eine gemeinsame Regelung betätigt. Der Pumpensatz des Schwarzenbachwerkes bildet daher mit einer Leistungsaufnahme von 8320 bis 9900 PS tatsächlich die größte bisher ausgeführte Einheit.

Die Auffassung des Hrn. Jacoby, daß die Regelung durch Leitschaufeln keine Vorteile bietet, wird schon dadurch widerlegt, daß auch nach der Zuschrift von Hrn. Neumann (Z. Bd. 69 (1925) Nr. 14 S. 452) von ihm bereits Leitschaufelregelungen für Zentrifugalpumpen mit Erfolg ausgeführt worden sind. Die hydraulischen Vorteile der Leitschaufelregelung werden denn auch zum großen Teil durch das dieser Zuschrift beigefügte Schaubild bestätigt, und es erübrigt sich deshalb, hierauf nochmals einzugehen. Es mag lediglich darauf hingewiesen werden, daß das Diagramm der Schwarzenbachpumpe auf Grund von Versuchsergebnissen entwickelt worden ist und nicht etwa auf rein rechnerischer Grundlage beruht.

Für die Verwendung der Leitschaufelregelung bei Pumpen sprechen aber noch weitere Vorzüge, die in meinem Aufsatz eingehend gewürdigt wurden und von denen hier kurz nochmals folgende hervorgehoben werden sollen:

Durch die Anordnung einer selbsttätig arbeitenden Drehschaufelregelung ist es möglich, den Einbau einer Rückschlagklappe oder dergl. gänzlich zu vermeiden und damit die schädlichen Wirkungen, die von einer solchen unter Umständen ausgehen können, vollkommen auszuschalten. Beim Schwarzenbach-Pumpensatz ist die Anordnung so geschaffen, daß die Leitschaufelregelung in dem Augenblick selbsttätig schließt, wenn die Drehzahl der Pumpe ein zulässiges Maß unterschreitet.

Die leichte Beweglichkeit der Leitschaufeln ermöglicht die rasche Anpassung an die verschiedenen Betriebsverhältnisse und erlaubt zudem eine so empfindliche Regelung, daß die Belastungsschwankungen des Netzes durch selbsttätige Belastungsänderungen der Pumpe ausgeglichen werden können.

Die Leitschaufelregelung bietet gegenüber der Drosselregulierung weiter noch den Vorteil, daß die Öffnung der Schaufeln stets so eingestellt werden kann, daß gerade der Punkt der Charakteristik der Pumpe ausgenutzt wird, in welchem die dem Widerstand in der Rohrleitung entsprechende manometrische Förderhöhe vorhanden ist, während bei der Drosselregelung der Pumpe bei kleineren Fördermengen als der normalen das Absperrorgan so eingestellt werden muß, daß die von der Pumpe erzeugte Förderhöhe künstlich auf den in der Rohrleitung herrschenden Druck herabgedrosselt wird. [D 132]

Ravensburg. **A. Maas.**

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. F. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag. G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 3. OKTOBER 1925 NR. 40

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1284.

Abnahmeprüfung eines kompressorlosen MAN-Dieselmotors.

Von Ministerialrat W. Laudahn, Berlin.

Neue Ausführung eines kompressorlosen Motors mit Strahlzerstäubung — Art und Ergebnisse der Abnahmeprüfung.

Die Frage, welchem der in den letzten Jahren entwickelten Verfahren der luftlosen Einspritzung bei Dieselmaschinen in gewissen Fällen der Vorzug zu geben ist, kann heute noch nicht allgemein beantwortet werden. Der Wunsch, die Betriebseigenschaften und den Brennstoffverbrauch der mit Strahlzerstäubung und sogenannter „offener" Düse arbeitenden Maschinen einer einwandfreien Wertung zu unterziehen, hat die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. veranlaßt, die Abnahmeprüfung eines ihrer in der laufenden Reihe hergestellten kompressorlosen Dieselmotoren unter Aufsicht eines Unparteiischen vornehmen zu lassen.

Für die Prüfung wurde ein Sechszylindermotor zur Verfügung gestellt, der von der Hamburger Schiffswerft C.H. Stülcken & Sohn bestellt und bestimmt war, zusammen mit einem zweiten, gleichgroßen Motor derselben Ausführung ein bei der genannten Werft von der Hafen-Dampfschiffahrtsgesellschaft, Hamburg, bestelltes Fahrgastschiff „Jan Molsen"[1]) anzutreiben. Nach dem Vertrage sollte der Motor bei 180 Uml./min 300 PS_e leisten und als Brennstoffverbrauch nicht mehr als 175 g/PS_eh (Toleranz wie üblich + 5 vH) haben.

Der einfachwirkende Viertaktmotor hat 345 mm Zyl.-Dmr. und 500 mm Kolbenhub. Sein allgemeiner Aufbau ist aus der Längsansicht und dem Teilschnitt, Abb. 1, und den Schnitten, Abb. 2 und 3, auch ohne nähere Erläuterung zu entnehmen. Nur kurz sei auf die weit über Kurbelwellenmitte heraufgezogene Grundplatte, eine Weiterentwicklung der Bauart, die sich bei den MAN-Unterseeboot-Motoren im Kriege durch ihre Steifigkeit und Widerstandsfähigkeit bewährt hat, auf die das Gestell von Zugbeanspruchungen entlastenden langen Zugbolzen und auf die Lagerung der Steuerwelle am untern Ende des Zylindergehäuses hingewiesen, Einzelheiten, die der Maschine das kennzeichnende Aussehen verleihen. Die Steuerwelle wird von der Kurbelwelle aus durch Stirnräder angetrieben, die Einlaß-, Auslaß- und Anlaßventile von den auf der Steuerwelle angeordneten Nocken aus durch hohle Stoßstangen. Die Steuerwelle trägt außerdem noch die Nocken für die Brennstoffpumpen, die zur leichteren Einregelung verstellbar angeordnet sind. Die Brennstoffpumpen sind als Einzelkörper aus geschmiedetem Stahl hergestellt und voneinander unabhängig am Zylinderblock angeschraubt. Von der sonst vielfach üblichen Zusammenlegung der Brennstoffpumpen in einen einzigen Pumpenblock wurde abgesehen, weil die Einzelanordnung die Zugänglichkeit verbessert und die Handhabung vereinfacht.

Abb. 6. Kompressorloser Dieselmotor mit Strahlzerstäubung auf dem Prüfstand.

Alle bewegten Teile einschließlich der Steuerwelle und der Zahnräder haben Druckschmierung. Aus dem Sammeltrog unter der Maschine wird das Schmieröl durch eine vom Motor unmittelbar angetriebene Zahnradpumpe angesaugt, durch Filter in die Druckleitung gepreßt und von dieser aus dann auf die einzelnen Bedarfsstellen verteilt.

Der Motor wird durch axiale Verschiebung der Steuerwelle umgesteuert, wodurch je nach Wunsch die Nocken für Vorwärts- oder für Rückwärtsbewegung zur Wirkung gelangen. Besonderheiten gegenüber den zahlreichen gut bewährten Umsteuerungen dieser Art sind nicht zu verzeichnen.

Von besonderem Interesse im Rahmen dieses Aufsatzes ist jedoch das in Abb. 4 dargestellte Schema der Treiböleinspritzung. Es zeigt unten rechts den Steuerwellennocken, der den Kolben der Brennstoffpumpe betätigt. Die Nockenform ist auf Grund eingehender Versuche so gewählt, daß der Druck in der Einspritzleitung zwar schnell, aber doch sanft und stoßfrei ansteigt. Ist ein Teil des Kolbenhubes zurückgelegt und damit die jeweils gebrauchte Treibölmenge dem Zylinder zugeführt, so wird durch einen Stößel ein Überströmventil aufgedrückt, so daß der von der Pumpe noch weiterhin geförderte Brennstoff in den Pumpensaugraum zurückfließt. Dieser Stößel wird durch einen Hebel in Tätigkeit gesetzt, der auf der Reglerwelle exzentrisch gelagert ist und vom Pumpenkolben auf- und niederbewegt wird. Infolge der exzentrischen Lagerung des Hebels kann

[1]) Eine nähere Beschreibung des Schiffes und seiner maschinellen Einrichtungen wird in dem zur diesjährigen Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft (November) erscheinenden Hefte der Zeitschrift „Werft, Reederei, Hafen" veröffentlicht werden.

also das Überströmventil früher oder später geöffnet werden, d. h. eine Verdrehung der Reglerwelle ändert den Schluß der Einspritzperiode, also die Füllung. Die Verdrehung kann entweder mit der Hand oder durch einen Sicherheitsregler bewirkt werden, der verhindert, daß der Motor die vorgeschriebene Höchstdrehzahl überschreitet.

Von der Brennstoffpumpe aus wird das Treiböl durch eine dickwandige Rohrleitung in die Brennstoffdüse des Zylinders gedrückt, die als sogenannte „offene" Düse ausgebildet ist. Das Fehlen eines Abschlußorgans, das sich unter dem Brennstoffdruck gegen Federbelastung öffnet, sichert nach den Erfahrungen der MAN bei allen Motordrehzahlen besonders sanfte Zündungen, da der Widerstand der Brennstoffdüse lediglich durch die engen Bohrungen der Düse hervorgerufen wird. Ein weiterer Vorzug der offenen Düse ist, daß etwa aus dem Brennstoff ausgeschiedene Luft unter allen Umständen selbsttätig abgeführt wird, also nicht zu Störungen Anlaß geben kann.

Das Hauptbedenken gegen eine derartige Anordnung liegt in der Gefahr, daß sich die engen Düsenöffnungen trotz des hohen Drucks in der Brennstoffpumpenleitung während des Betriebes zusetzen könnten. Soweit solche Verstopfungen auf Verunreinigungen des Treiböls zurückzuführen sind, lassen sie sich durch sorgfältiges Filtrieren ohne weiteres vermeiden. Soweit sie durch feste Teilchen verursacht werden, die noch von der Bearbeitung her in Rohrleitungen, Armaturen usw. lagern und aus diesen durch den Ölstrom mitgerissen werden, läßt sich Schwierigkeiten dadurch begegnen, daß man vor Aufnahme des Motorbetriebes einige Stunden lang Treiböl durch die Rohre hindurchpumpt, so daß diese Verunreinigungen abgeführt werden, bevor sie Schaden anrichten können.

Abb. 4.
Schema der Einspritzvorrichtung (offene Düse).

Abb. 1. Ansicht auf die Steuerseite und Längsschnitt durch Zylinder 5 und 6.

Abb. 1 bis 3. Kompressorloser Dieselmotor für 300 PS_e bei 180 Uml./min, gebaut von der MAN.

Abb. 7. Brennstoffverbrauch bei verschiedenen Belastungen und Drehzahlen (umgerechnet auf 10 000 kcal/kg).

Abb. 8. Brennstoffverbrauch und Wirkungsgrad bei verschiedenen Belastungen und Drehzahlen.

Abb. 5. Einspritzdüse mit Brennstoffleitung.

Am schwierigsten liegen die Verhältnisse aber wohl da, wo sich von der Seite des Verbrennungsraumes her Öl- und Kokskrusten ansetzen und die Düsenöffnungen durch „Zuwachsen" verstopfen. Diese Erscheinung ist oder war vielmehr in der Tat der luftlosen Einspritzung eigentümlich. Bei der bisher gebräuchlichen Drucklufteinspritzung des Treiböls folgte beim Einspritzvorgange dem Öl stets noch kurze Zeit ein Strom von reiner Luft, der die Düsenöffnungen trocken blies und damit der den Betrieb gefährdenden Koksbildung an den Öffnungen vorbeugte. Dieses „Trockenblasen" fehlte zunächst bei der luftlosen Einspritzung. Indessen ist es den Bemühungen der MAN gelungen, auch dieser Schwierigkeiten Herr zu werden. Abb. 5 zeigt die Einspritzdüse mit angeschlossener Treiböl-Druckleitung.

Die Abnahmeversuche des Motors fanden am 22. und 23. Mai auf dem Prüfstand der MAN in Augsburg statt. Die Versuchsanordnung zeigt Abb. 6 (S. 1261). Der Motor trieb dabei zunächst ein Schwungrad und darauf zwei damit gekuppelte, gleich starke Bremsdynamos an. Das Schwungmoment des Schwungrades betrug 3800 kgm^2, das der beiden Dynamos je 630 kgm^2, so daß das Gesamtschwungmoment (GD^2) 5060 kgm^2 betrug. Die Verteilung der Bremsung auf zwei Dynamos ergab sich daraus, daß zufällig keine andre passende Dynamo verfügbar war; sie hatte aber nebenbei den Vorteil, daß man beim Umsteuern eine Dynamo belasten konnte, die andre dagegen nur zu erregen brauchte und bei dieser mittels selbstaufzeichnenden Spannungsmessers den Spannungs- und damit zugleich den Drehzahlverlauf nachprüfen konnte.

Wie schon bemerkt, war der Motor für den Schiffsantrieb bestimmt. Deshalb waren eine Kühlwasser- und eine Lenzpumpe unmittelbar angehängt. Da der Versuch aber hauptsächlich die Verhältnisse für ortfeste Anlagen klarstellen sollte, die gewöhnlich nicht mit unmittelbar angetriebenen Pumpen dieser Art ausgerüstet werden, so wurden diese Pumpen während der Versuche abgeschaltet.

Abb. 2. Querschnitt durch die Zylinder.

Abb. 3. Querschnitt zwischen den Zylindern.

Zahlentafel 1. Mittelwerte aus den

Tag 1925	22. 5.	22. 5.	22. 5.	22. 5.	22. 5.	22. 5.	22. 5.
Zeit	2^{00} bis 9^{15}	9^{15} bis 10^{25}	10^{25} bis 10^{40}	10^{40} bis 11^{15}	11^{15} bis 12^{15}	12^{15} bis 1^{15}	1^{15} bis 3^{15}
Mittlere Nutzleistung . . . PS_e	338	396	338	220	120	400	198
desgl., bezogen auf Vollast vH	101,5	118,8	101,5	66,1	36	120,2	47,6
Drehzahl . . . . Uml./min	202	198	200	194	199	201	250
Stellung des Brennstoff-Füllungsanzeigers . . . . . . mm	148	181	161	58	38	183	46
Drücke: Zylinderkühlwasser . . . at	—	—	—	—	—	—	—
Drücke: Schmieröl vor dem Filter „	1,35	1,35	1,3	1,3	1,3	1,3	1,35
Drücke: Lagerschmierung . . . . „	1,2	1,2	1,15	1,2	1,2	1,2	1,25
Temperaturen: Frischwasser . . . . . . °C	14	10	10	10	10	10	10
Temperaturen: Kühlwasser vor den Zyl. „	30	29	37	33	34,5	35	38,5
Temperaturen: „ hinter „ „ „	55	60	59,5	52	46	67	56
Temperaturen: „ „ Maschine „	60	69	63	55	50	73	59
Temperaturen: Schmieröl vor „ „	33	35	38	39	40,5	41,5	44,5
Temperaturen: „ „ Ölkühler „	36	38	40	41	42,5	43,5	46,5
Temperaturen: Auspuff . . . . „	389	447	389	286	192	447	257
Temperaturen: Raumluft . . . . „	21	22,5	24	23,5	24	24	24,5

Zahlentafel 2. Zusammenstellung der Meßergebnisse.

Versuch Nr.	4	1	2	3	8	7	6	5	9	12	11	10	13
Belastung	12/10	1/1	2/3	1/3	12/10	1/1	3/4	1/2	1/4	12/10	1/1	2/3	1/3
Uml./min	201,2	203,6	198,0	199,5	250,0	254,0	250,0	252,5	250,0	300,0	303,3	298,5	303,6
Nutzleistung . . . . PS	400,1	339,5	219	120,8	502,7	406,7	301,9	197,9	106,7	612	513,7	342,0	181,1
Indizierte Leistung . . . . „	457	397	281	174,5	579	475	375	267	178,2	699	597	425,7	270,5
Mech. Wirkungsgrad . . . . . vH	87,5	85,5	78,0	69,2	86,8	85,6	80,5	74,1	59,9	87,5	86,0	80,3	67,0
Indizierter Mitteldruck . . . . at	7,28	6,27	4,56	2,81	7,44	6,00	4,82	3,40	2,29	7,49	6,32	4,58	2,86
Leerlauf-Mitteldruck . . . . . . „	0,91	0,91	1,00	0,87	0,98	0,86	0,94	0,88	0,92	0,94	0,89	0,90	0,94
Nutzbarer Mitteldruck . . . . . „	6,37	5,36	3,56	1,94	6,46	5,14	3,88	2,52	1,37	6,55	5,43	3,68	1,915
Brennstoffverbrauch . . . . . kg/h	69,00	56,80	38,02	23,625	85,80	68,112	51,223	35,90	24,065	111,5	88,658	59,95	37,21
desgl. . . . . g/PS_eh	172,6	167,5	173,8	195,8	171,0	167,7	170,1	181,7	225,8	182,5	173	175,6	206
desgl. . . . . g/PS_ih	151,2	143,3	135,4	135,5	148,4	143,6	136,9	134,7	135,1	159,8	148,7	141	137,8
im Kühlwasser abgef. Wärme kcal/h	24700	—	14200	7540	28300	24400	16775	10515	9505	38400	29300	18575	—
desgl. (aus den Kurven ermittelt) . . . . $kcal/PS_ih$	536	516	490	472	522	484	459	440	422	550	494	435	407
desgl. (aus den Kurven ermittelt) . . . . $kcal/PS_eh$	612	603	628	697	602	566	574	596	705	629	574	544	607

Abb. 9. Auspufftemperaturen bei verschiedenen Belastungen und Drehzahlen.

Abb. 10. Im Kühlwasser abgeführte Wärmemengen.

Abb. 11. Im Kühlwasser abgeführte Wärmemengen.

Das Kühlwasser wurde der Maschine durch eine Kreiselpumpe mit Eigenantrieb zugeführt, die aus einem Warm- und einem Kaltwasserbehälter saugen konnte. Die Temperatur des angesaugten Wassers wurde bei den Versuchen teils auf 30 °, teils auf etwa 12 °C eingestellt. Das Frischwasser wurde dem Fabriknetz, das Warmwasser dem von der Maschine abfließenden Kühlwasser entnommen. Die ins Kühlwasser übergehende Wärme wurde bei Warmwasserbetrieb aus der vom Warmwasserbehälter ablaufenden Überschuß-Wassermenge und dem Temperaturunterschied zwischen dem Frischwasser und dem von der Maschine ablaufenden Wasser berechnet, bei Kaltwasserbetrieb aus der von der Maschine ablaufenden Wassermenge und dem Temperaturunterschied zwischen dem zu- und dem ablaufenden Wasser.

Der Brennstoff floß den Brennstoffpumpen aus einem Hochbehälter über ein Tuchfilter zu; die durch die Überströmventile der Brennstoffpumpen abfließenden, also nicht den Zylindern zugeführten Brennstoffmengen wurden durch eine Rohrleitung wieder in den Hochbehälter zurückbefördert. Die Brennstoffmessungen

Betriebsaufschreibungen.

22. 5.	22. 5.	22. 5.	22. 5.	22. 5.	23. 5.	23. 5.	23. 5.	23. 5.	23. 5.
3^{15} bis 4^{15}	4^{15} bis 5^{30}	5^{30} bis 6^{15}	6^{15} bis 7^{50}	7^{50} bis 8^{30}	7^{00} bis 8^{20}	8^{20} bis 9^{20}	9^{20} bis 10^{05}	10^{05} bis 10^{53}	1^{15} bis 2^{02}
300	406	505	106	0	342	512	611	180	418,5
72,1	97,6	121,4	25,5	—	68,4	102,4	122	36	100,6
250	254	254	247	249	298	301	297	300	250
69	153	195	33	20	63	145	208	38	162
—	0,3	0,3	—	—	0,3	0,35	0,5	0	0,1
1,35	1,45	1,45	1,55	1,6	1,5	1,4	1,4	1,45	1,4
1,25	1,25	1,25	1,3	1,4	1,25	1,2	1,2	1,25	1,25
12	11,5	12	11	10	10	10	10,5	11	11
40,5	39	34,5	37	37	28	29	30,5	36	14
63	67	67	50	49	53	64	67	57,5	48
67	71	72,5	52	50	60	73,5	78	61	59
41	34,5	37,5	30	26	32	36	34,5	36	35
46,5	45,5	45,5	43	41	40	44	45	46	39
345	437	536	185	113	366	504	630	251	491
25	26,5	25	25	25	21	21	21	22.	27

Zahlentafel 3. Manövrierversuche am 23. Mai 1925.
Nach Probelauf. Kalte Maschine.

Nr.	Kommando		a	b	c	Druck im Anlaßgefäß v. d. Manöv.	Druck im Anlaßgefäß n. d. Manöv.
			s	s	s	at	at
1	voraus langsame Fahrt .	$n = 120$	—	1	9	32,0	29,0
2	zurück „ „ .	$n = 120$	4	6	10	29,0	24,0
3	voraus „ „ .	$n = 120$	3	6	9	24,0	21,0
4	stopp	$n = —$	4	—	—	—	—
5	zurück langsam . . .	$n = 120$	—	4,5	12	21,0	18,0
6	voraus „	$n = 120$	3	5	8,5	18,0	15,5
7	stopp	$n = —$	3,5	—	—	—	—
8	voraus halbe Fahrt . . .	$n = 160$	—	1	8,5	15,5	13,5
9	zurück „ „ . . .	$n = 160$	3,5	6	13,5	13,5	11,5
10	stopp	$n = —$	3,5	—	—	—	—
11	voraus volle Fahrt . . .	$n = 200$	—	5,5	12	11,5	10,0
12	zurück „ „ . . .	$n = 200$	4	4,5	—	10	Masch. läuft nicht mehr an
13	voraus volle Fahrt . . .	$n = 200$	—	5	10	29,0	25,5
14	zurück „ „ . . .	$n = 200$	5	5,5	13	25,5	21,0
15	voraus langsam	$n = 120$	5	7	15	21,0	18,0
16	zurück langsam	$n = 120$	4	6,5	15	18,0	14,0
17	voraus halbe Fahrt . . .	$n = 160$	4,5	6	12	14,0	12,0
18	zurück volle „ . . .	$n = 200$	3	5,5	13	12,0	9,5
19	voraus „ „ . . .	$n = 200$	4,5	8	14	9,5	8,0
20	zurück „ „ . . .	$n = 200$	4,5	—	—	8,0	Masch. läuft nicht mehr an

a Zeit von Erteilung des Kommandos bis zum Stoppen der Maschine,
b „ „ „ „ „ „ zur ersten Zündung in neuer Drehrichtung,
c „ „ „ „ „ „ „ Vollendung des Manövers.

Luftverbrauch der Maschine.

Gesamter Druckabfall im Anlaßgefäß	22 + 21 = 43 at
Inhalt des Anlaßgefäßes	330 l
Anzahl der Manöver	15
Gesamter Luftverbrauch	14 200 l
Luftverbrauch für 1 Manöver	946 l
Hubraum der Maschine	280,4 l

Luftverbrauch für 1 Manöver = 3,37 × Hubraum der Maschine.

Überlast $p_i = 7{,}44$ at

1/1 Last $p_i = 6{,}0$ at

3/4 Last $p_i = 4{,}82$ at

1/2 Last $p_i = 3{,}40$ at

1/4 Last $p_i = 2{,}29$ at

Leerlauf $p_i = 0{,}92$ at

Abb. 12. Arbeitsdiagramm beim Anlassen.

Abb. 13 bis 18. Arbeitsdiagramme bei 250 Uml./min.

Abb. 19. Motorschiff „Jan Molsen" mit Antrieb durch den kompressorlosen MAN-Dieselmotor.

erfolgten nach dem bekannten Abreißverfahren unter Verwendung einer Stoppuhr, die lief, bis sich der Ölspiegel im Hochbehälter durch den Verbrauch in den Arbeitszylindern des Motors um das Höhenmaß einer genau gewogenen Brennstoffmenge gesenkt hatte.

Der Versuch bezweckte hauptsächlich, Brennstoff- und Kühlwasserverbrauch der Maschine bei drei verschiedenen Drehzahlen, nämlich 200, 250 und 300 Uml./min, sowie bei verschiedenen Drehmomenten festzustellen. Außerdem sollte auch die Manövrierfähigkeit des Motors nachgeprüft werden.

Zeitlich nahm die Erprobung folgenden Verlauf:

22. Mai 1925:

2^{00} Uhr Maschine angestellt
2^{00} bis 9^{15} Uhr Betrieb mit Vollast, $n = 200$ Uml./min
9^{15} „ 10^{25} „ „ „ rd. 20 vH Überlast, $n = 200$ Uml./min
10^{25} „ 10^{40} „ „ „ Vollast, $n = 200$ Uml./min
10^{40} „ 11^{15} „ „ „ $^2/_3$ Vollast, $n = 200$ Uml./min
11^{15} „ 12^{15} „ „ „ $^1/_3$ „ $n = 200$ „
12^{15} „ 1^{15} „ „ „ Überlast, $n = 200$ Uml./min
1^{15} „ 3^{15} „ „ „ $^1/_2$ Vollast, $n = 250$ Uml./min
3^{15} „ 4^{15} „ „ „ $^3/_4$ „ $n = 250$ „
4^{15} „ 5^{30} „ „ „ Vollast, $n = 250$ Uml./min
5^{30} „ 6^{15} „ „ „ Überlast, $n = 250$ Uml./min
6^{15} „ 7^{50} „ „ „ $^1/_4$ Vollast, $n = 250$ „
7^{50} „ 8^{30} „ „ „ Leerlauf, $n = 250$ „
8^{30} Uhr Maschine abgestellt.

23. Mai 1925:

4^{45} Uhr Maschine angestellt
4^{45} bis 7^{00} Uhr Betrieb mit Vollast, $n = 300$ Uml./min
7^{00} „ 8^{20} „ „ „ $^2/_3$ Vollast, $n = 300$ Uml./min
8^{20} „ 9^{20} „ „ „ Vollast, $n = 300$ Uml./min
9^{20} „ 10^{05} „ „ „ 20 vH Überlast, $n = 300$ Uml./min
10^{05} „ 10^{53} „ „ „ $^1/_3$ Vollast, $n = 300$ Uml./min
10^{53} Uhr Maschine abgestellt.

Während dieses Stillstandes wurde die Maschine mit Wasser aus der Fabriknetzleitung (12 °C), das durch die Kühlräume gepumpt wurde, abgekühlt. Nach Kaltwerden des Motors folgten:

12^{30} bis 12^{45} Uhr Manövrierversuche bei kalter Maschine
1^{00} „ 1^{15} „ Betrieb mit Vollast, $n = 250$ Uml./min
1^{15} „ 2^{02} „ „ „ 10 vH Überlast, $n = 250$ Uml./min
2^{02} Uhr Maschine abgestellt, Schluß der Erprobung.

Als Treiböl wurde Gasöl mit 0,867 spezifischem Gewicht verwendet. Die chemische Untersuchung durch die bayerische Landesgewerbeanstalt Nürnberg ergab als unteren Heizwert 10 024 kcal/kg.

Mittelwerte aus den Betriebsaufschreibungen enthält Zahlentafel 1, eine Übersicht über die gesamten Meßergebnisse Zahlentafel 2. Der Brennstoffverbrauch bei den drei verschiedenen Drehzahlen ist in Abb. 7, der Brennstoffverbrauch und der Wirkungsgrad bei den verschiedenen Belastungen und Drehzahlen in Abb. 8, die Auspufftemperatur in Abb. 9, die im Kühlwasser abgeführte Wärmemenge in Abb. 10 und 11 dargestellt. Das Anfahrdiagramm, Abb. 12, zeigt, wie außerordentlich schnell der untersuchte Zylinder auf Zündung kam, und die Indikatordiagramme, Abb. 13 bis 18, gestatten ein Urteil über die Güte des Verbrennungsvorganges, wobei keine abnorm hohen Zylinderdrücke auftraten. Der Auspuff war während der ganzen Versuchsdauer einwandfrei; nur bei 20 vH Überlast trat während der Fahrt mit 300 Uml./min eine ganz leichte hellgraue Rauchentwicklung auf, was nicht wundernehmen kann, da die Maschine, die an Bord mit 180 minutl. Umdrehungen und 300 PS betrieben werden soll, während dieses Versuches bei 300 Uml./min 612 PS leistete (vergl. Zahlentafel 2, Versuch-Nr. 12), also gegenüber dem normalen Bordbetrieb stark überlastet war.

Zahlentafel 3 enthält die Ergebnisse der Manövrierversuche sowie Angaben über den Luftverbrauch.

Alle diese Ergebnisse haben den Anforderungen in vollem Umfang entsprochen. Insbesondere haben auch die Verbrauchzahlen, die in allen Fällen durch Kontrollmessungen nachgeprüft wurden und damit als einwandfrei anzusehen sind, bewiesen, daß die kompressorlose Bauart mit Strahlzerstäubung und offener Düse gegenüber den Motoren mit Drucklufteinspritzung in betriebswirtschaftlicher Hinsicht einen beträchtlichen Fortschritt darstellt und auch in dieser Beziehung andern kompressorlosen Bauarten zum mindesten gleichsteht.

Verstopfungen der kleinen Düsenbohrungen (im vorliegenden Fall 0,3 und 0,35 mm Dmr.) sind während dieser Versuche nicht aufgetreten; die Versuche sind vielmehr ganz ohne Störung verlaufen. Um jedoch zu prüfen, ob eine solche Düsenverstopfung, wenn sie einmal eintreten sollte, Anlaß zu Betriebstörungen geben kann, hat die MAN, während die Maschine belastet weiterlief, einen Zylinder abgestellt, seine Brennstoffdüse herausgenommen, wieder eingebaut und dann den Zylinder abermals auf Zündung gebracht. Von Abgabe des Kommandos ab erforderte das Ausbauen durch zwei Arbeiter 2 min, das Wiedereinbauen bis zur ersten Zündung 1 min 40 s, so daß der Zylinder 3 min 40 s nach Abgabe des Befehls, die Brennstoffdüse auszuwechseln, bereits wieder ordnungsmäßig arbeitete.

Inzwischen hat man den geprüften Motor zusammen mit dem zweiten in den „Jan Molsen" eingebaut. Das in Abb. 19 dargestellte Schiff, das sich seiner hübschen Einrichtung wegen bei Cuxhaven- und Helgoland-Reisenden bald großer Beliebtheit erfreuen dürfte, hat am 25. Juli seine letzte Probefahrt erledigt, wobei die Motoranlage während der ganzen Rückfahrt zwischen Cuxhaven und Hamburg um rd. 20 vH überlastet wurde. Alle Proben und Manövrierversuche verliefen ohne Störung und zur Zufriedenheit der Beteiligten; die Schiffsgeschwindigkeit übertraf die vertraglich vorgeschriebene von 11 kn um etwa 2 kn. Es ist anzunehmen, daß sich nach diesem Erfolge die Einführung des kompressorlosen Dieselmotors, zunächst von kleinerer Leistung, in die Schiffahrt schneller vollziehen wird als bisher und daß sich insbesondere der Motor mit Strahlzerstäubung auch für ortfeste Anlagen ein großes Anwendungsgebiet erobern wird. [B 878]

Ein neues bildtelegraphisches Verfahren.

Von Ing. Berthold Freund, Berlin.

Zwei Hauptverfahren der bisherigen Bildtelegraphen: „Strichverfahren" und „Stromveränderungsverfahren." — Vertreter dieser beiden Gruppen, der „Telautograph" und der „Phototelegraph". — Neues bildtelegraphisches Verfahren des Verfassers. — Beschreibung der bei den ersten Versuchen verwendeten Apparate als Ausführungsbeispiel des Erfindungsgedankens. — Anwendungsgebiete der neuen Erfindung.

Die bisher gebräuchlichen Verfahren der Bildtelegraphie können zweckmäßigerweise nach der Form der verwendeten elektrischen Übertragungszeichen in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden: erstens in solche, die sich zur elektrischen Fernübertragung der Bildpunkte gewöhnlicher Telegraphierstriche oder -punkte bedienen, und zweitens in solche, die hierbei veränderliche Stromstärken benutzen.

Zur ersten Gruppe der bildtelegraphischen Apparate, deren Entwicklung vom Morsetelegraphen ihren Ausgang genommen hat, gehören z. B. die Kopiertelegraphen, die Telautographen und weiterhin auch die sogenannten „Zwischenklichee-Apparate". Zur zweiten Gruppe, deren Entwicklung der Entdeckung und Anwendung der lichtelektrischen Eigenschaften des Selens zu verdanken ist, gehören dagegen beispielsweise die Selen- oder photoelektrischen Geräte und sodann auch die nach dem sogenannten „Relief-Verfahren" arbeitenden Einrichtungen.

Diese Einteilung der bildtelegraphischen Apparate bietet den besonderen Vorteil, daß sie die Fülle der bestehenden Verfahren auf zwei eindeutig bestimmte Grundvorgänge zurückführt, aus denen sich unmittelbar eine ganze Reihe für die betrachteten Verfahren wichtiger betriebtechnischer und wirtschaftlicher Folgerungen ergibt. Im nachstehenden soll daher gemäß dieser Einteilung von einem Strichverfahren und von einem Stromveränderungsverfahren die Rede sein.

Das Strichverfahren.

Der wichtigste Vertreter dieser Gruppe ist der Telautograph, der bereits von Backwell (1847) erfunden und von Korn (1906) hauptsächlich durch Ausrüsten des Empfängers mit einer photographischen Aufzeichenvorrichtung wesentlich verbessert und für praktische Zwecke brauchbar gemacht wurde.

Der Gedanke des Telautographen entstand in enger Anlehnung an den damals bereits bestehenden Morsetelegraphen, mit dessen Hilfe längere und kürzere Stromschlüsse des Sendegerätes in Form von längeren und kürzeren Strichzeichen im Empfangsgerät wiedergegeben werden. Es entstand die Frage, ob mit Hilfe dieser gewöhnlichen Strichzeichen auch Handschriften und Druckschriften übertragen werden können. In der Tat fand man einen sehr einfachen Weg, um jede beliebige Schrift und jede beliebige Strichzeichnung gleichfalls auf einfache Morsestriche zurückzuführen und mit deren Hilfe telegraphisch zu übertragen.

Zieht man nämlich auf einer z. B. mit Handschrift bedeckten Fläche zwei ganz eng nebeneinanderliegende parallele Geraden, so wird durch diese beiden Linien ein ganz schmaler Streifen der Fläche herausgehoben, der, für sich betrachtet, aus einer Folge von abwechselnd längeren und kürzeren schwarzen Strichen mit größeren und kleineren weißen Zwischenräumen besteht, Abb. 1, *a* und *b*. Dieser Flächenstreifen, im nachstehenden Bildzeile genannt, gleicht somit einem einfachen Morsestreifen und ist ohne weiteres mit Hilfe des gewöhnlichen Morsegerätes übertragbar, vergl. Abb. 1, *c*. Die ganze beschriebene Fläche kann man aus vielen solchen eng übereinanderliegenden schmalen Bildzeilen zusammengesetzt denken. Werden all diese Bildzeichen der Reihe nach zur Empfangstelle telegraphiert, hier durch die Schreibvorrichtung festgehalten und die so erhaltenen Bildzeilen in gleicher Reihenfolge, in der sie von der Sendeseite eintreffen, dicht nebeneinander angeordnet, so erhält man eine genaue Wiedergabe der ganzen an der Sendeseite befindlichen und mit Schrift oder einer beliebigen Schwarz-Weiß-Zeichnung bedeckten Fläche.

Praktisch wurde dieser Gedanke so verwirklicht, daß die zu übertragende Schrift oder Zeichnung mit isolierender Tinte auf ein Metallblatt aufgetragen, dieses um eine drehbare Walze gelegt und die ganze Bildfläche von einer entlang dem umlaufenden Zylinder sich allmählich verschiebenden Metallspitze in einer engen Schraubenlinie abgetastet wird. Die Metallspitze ist hierbei mit dem einen, das Metallblatt mit dem andern Pol einer galvanischen Batterie verbunden. Solange die Metallspitze über blanke Stellen der Fläche gleitet, ist der Stromkreis geschlossen, gelangt sie aber auf eine mit isolierender Tinte bedeckte Stelle, so wird der Stromkreis unterbrochen. Die so erhaltenen Stromzeichen werden z. B. über Fernleitungen zum Empfangsgerät geleitet. Hier betätigen sie eine geeignete Schreibvorrichtung, z. B. einen Lichtschreiber, der die ankommenden Zeichen auf einer mit der Sendewalze vollkommen synchron umlaufenden Empfangswalze, um die das photographische Empfangspapier gelegt ist, in einer Schraubenlinie aufzeichnet, die der gleicht, in der die Bildfläche an der Sendewalze abgetastet wird. Auf diese Weise erhält man auf der Empfangswalze eine genaue Wiedergabe der im Sendeapparat abgetasteten Bildfläche.

War es auf diese Weise bereits möglich geworden, beliebige Strichzeichnungen telegraphisch zu übertragen, so trat alsbald der Wunsch zutage, mit Hilfe des vorhandenen Telautographen auch getönte Bilder, insbesondere Photographien, in gleicher Weise übertragen zu können. Hierzu war es allerdings erforderlich, das getönte Bild zunächst in eine einfache Schwarzweißform überzuführen, die auf ein Metallblatt aufgetragen und nach dem oben beschriebenen Verfahren übermittelt werden könnte. Diesen Weg ging Amstutz zu Ende des vorigen Jahrhunderts, indem er die zu übertragende Photographie nach dem bekannten Rasterverfahren in ein aus einfachen Punkten oder Linien von verschiedener Ausdehnung bestehendes Bild umwandelte, Abb. 2. Indem nun dieses Rasterbild auf der Chromgelatineschicht eines ganz dünnen Metallblattes hergestellt wurde (wobei die Chromgelatine, aus der die Rasterpunkte oder -linien bestehen, der isolierende Stoff ist), erhält man ein Metallblatt-Rasterbild, das ebenso wie jedes andre einfache Schwarzweißbild mittels des Telautographen übertragen werden kann. Praktisch kommt für den Telautographen nur der Linienraster in Frage, der vom Taststift quer zur Richtung der Linien abgetastet wird.

Der Vorteil des telautographischen Rasterverfahrens lag vor allem darin, daß man mit seiner Hilfe auch getönte Bilder auf gewöhnliche Telegraphierzeichen zurückführen konnte, ferner daß sich hierdurch ein guter und verläßlicher telegraphischer Betrieb herstellen ließ, und daß dieses Verfahren ohne weiteres auch zur drahtlosen Bildübertragung verwendet werden konnte. Ein wesent-

Abb. 1. Das Wesen des Telautographen (Kopiertelegraphen).

a eine aus der Bildfläche herausgehobene „Bildzeile" *b* die schwarzen Stellen dieser Bildzeile *c* Verlauf des die Bildzeile übertragenden Telegraphierstromes.

licher Nachteil des telautographischen Verfahrens war jedoch die erforderliche umständliche Herstellung der Metallblatt-Rasterbilder, die einer jeden Übertragung erst vorausgehen mußte, was einen zusätzlichen Arbeits- und Kostenaufwand verursachte und den Betrieb erschwerte. Schließlich können auch bei diesem Verfahren lediglich Schwarzweißbilder wiedergegeben werden.

Das Stromveränderungsverfahren.

Diese Nachteile des Telautographen wurden durch den Phototelegraphen, der der zweiten, nach dem Stromveränderungsverfahren arbeitenden Gruppe der Bildtelegraphen angehört, überwunden. Dieser Apparat, der bereits von Bidwell (1881) erfunden und von Korn (1906) durch wesentliche Verbesserungen einer praktischen Verwendung zugeführt wurde, beruhte auf der Eigenschaft des Selens, seine elektrische Leitfähigkeit mit der Stärke der Belichtung in nennenswertem Maße zu ändern.

Der Gedankengang, der dem Phototelegraphen zugrunde liegt, ist folgender: Wird ein lichtdurchlässiges Bild (z. B. ein gewöhnliches Negativ) von einem ganz dünnen Lichtbüschel punktförmig durchleuchtet und fällt das hierbei durch die Bildschicht hindurchdringende Licht auf eine Selenzelle, so wird der Widerstand der Zelle von der Helligkeit des gerade durchleuchteten Bildpunktes bedingt werden und um so geringer sein, je heller der Bildpunkt ist. Der durch die Zelle fließende elektrische Strom ist dann ein Maß für die Helligkeit des gerade durchleuchteten Bildpunktes, Abb. 3. Als durchlässiges Bild kann ein biegsames Filmnegativ verwendet werden, das ebenso wie früher beim Telautographen das Metallblatt um eine umlaufende Walze (in diesem Fall einen durchsichtigen Glaszylinder) gelegt wird. Ein durch eine Lichtquelle und einen Linsensatz erzeugtes dünnes Lichtbüschel durchsetzt die Walzenoberfläche möglichst punktförmig und fällt auf eine dahinterliegende mit einer galvanischen Batterie verbundene Selenzelle oder eine andere lichtelektrische Zelle. Die Walze wird in Drehung versetzt bei gleichzeitigem langsamem axialem Vorschub, so daß die Bildfläche vom punktförmigen Lichtstrahl in einer engen Schraubenlinie abgetastet wird. Während der Drehung der Walze gelangen ununterbrochen neue Punkte des Bildes in den Strahlengang des Lichtbüschels, wodurch die Selenzelle gemäß der verschiedenen Helligkeiten der Bildpunkte einer veränderlichen Belichtung ausgesetzt wird und dadurch einen, den Belichtungsänderungen annähernd verhältnisgleichen veränderlichen Strom liefert. Der so gewonnene veränderliche Zellenstrom wird zur Empfangstelle geleitet, wo er mit Hilfe eines Lichtschreibers auf einer mit der Sendewalze vollkommen synchron umlaufenden Empfangswalze die zu übertragenden Tönungswerte dadurch genau wiedergibt, daß der Strom einen möglichst punktförmigen Lichtkegel mehr oder weniger abblendet und dadurch auf einer photographischen Schicht eine der Stromstärke entsprechende größere oder geringere Schwärzung hervorruft. Ein genauer Synchronismus zwischen Sender und Empfänger ermöglicht auch hier die genaue Wiedergabe des ganzen Bildes.

Der Vorteil dieses phototelegraphischen Verfahrens besteht somit vor allem darin, daß hier zur Bildübertragung keinerlei vorbereitende Hilfsarbeiten erforderlich sind, vielmehr das Bild oder das photographische Negativ unmittelbar in den Sendeapparat eingelegt und übertragen wird. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist der, daß man außerordentlich fein getönte Bilder erhält und eine verhältnismäßig hohe Übertragungsgeschwindigkeit erzielt. Als Nachteil macht sich aber bei diesem Verfahren bemerkbar, daß es gegen Schwankungen der Stromstärke, vor allem aber gegen Überlagerungen von äußeren Störungen sehr empfindlich ist und insbesondere bei drahtlosen Übertragungen über große und größte Entfernungen keine ausreichend störungsfreie und betriebsichere Übermittlung der Bildelemente zuläßt.

Die im vorstehenden beschriebenen beiden bildtelegraphischen Verfahren lassen naturgemäß die verschiedensten Ausführungsformen zu, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll.

Störungen.

Es ist nun von Wichtigkeit, das Verhalten des Strichverfahrens und des Stromveränderungsverfahrens bei Schwankungen der Empfangenergie sowie beim Auftreten von überlagerten Störungen zu untersuchen.

In Abb. 4 stellt *a* eine zu übertragende getönte Punktreihe dar, *b* veranschaulicht die zur Punktreihe *a* gehörigen Telegraphierstriche (Impulse) beim Strichverfahren, wobei die Tönungen der Bildpunkte durch die Länge dieser Striche ausgedrückt werden; t_1, t_2, t_3 usw. sind dann genaue Maße für die Helligkeit der zugehörigen Bildpunkte. In *c* ist dagegen für die gleiche Punktreihe *a* der veränderliche Strom gezeichnet, dessen Stärke ein Maß für die Tönungswerte der Bildpunkte darstellt.

In Abb. 5 sind zwei Impulse dargestellt, und zwar beispielsweise der längste und der kürzeste Impuls der Reihe *b* in Abb. 4. Durch Energieschwankung vergrößere sich z. B. die Stromstärke i_0 um den Betrag h auf i_1. Die auf Hundert bezogene Zunahme der Strom-

Abb. 2. Das Wesen der Rasterbildübertragung.

a eine zu übertragende getönte Punktreihe
b Wiedergabe dieser Punktreihe im Linienrasterbild
c die zu *b* gehörenden Stromstöße zur Uebertragung der Bildpunkte
d die an der Empfangseite ankommenden Telegraphierstromstöße
e die vom Empfänger wiedergegebene Punktreihe.

Abb. 3. Wesen des Phototelegraphen.

Sendeseite:
a eine zu übertragende getönte Punktreihe
b der zu *a* gehörige veränderliche Stromverlauf, der zur Uebertragung der Tönungswerte dient

Empfangseite:
c der an der Empfangstelle ankommende Strom
d das mit Hilfe von *c* wiedergewonnene Tönungsbild

Abb. 4. Störungen beim Übertragen von getönten Bildern.

a eine zu übertragende getönte Punktreihe
b die zu *a* gehörenden Telegraphierimpulse des Strichverfahrens mit überlagertem Störungsstrom
c der zu *a* gehörende normale veränderliche Strom des Stromveränderungsverfahrens
d der zu *a* gehörende, durch Überlagerung eines Störungsstromes *i* entstellte Stromverlauf des Stromveränderungsverfahrens.

Abb. 5. Einfluß von Energieschwankungen beim Stromveränderungs- und Impulsverfahren.

Abb. 6. Überlagerung eines Störungsstromes beim Stromveränderungs- und Impulsverfahren.

stärke beträgt dann $\frac{h}{i_0} \times 100$. Die Länge des längsten Impulses vergrößert sich hierbei um den Betrag $\tau = t'_1 - t_1$, somit um $\frac{\tau}{t_1} \times 100$ vH. In Abb. 5 beträgt z. B. $\frac{h}{i_0} \times 100 = \frac{5}{13} \times 100 = 38{,}5$ vH, während $\frac{\tau}{t_1} \times 100 = \frac{1}{30} \times 100$ nur 3,3 vH ausmacht, also weniger als $^1/_{10}$. Das Verhältnis $\frac{\tau}{t_1}$ ist wesentlich kleiner als das Verhältnis $\frac{h}{i_0}$, die Dauer der Impulse ändert sich somit wesentlich weniger als ihre Stromstärke. Dadurch wird die Wiedergabe der Bildpunkte mittels Impulse wesentlich weniger Störungen unterworfen sein als bei Wiedergabe durch Stromstärken, da bei letzterer jede Änderung der Stromstärke in vollem Maß auch Störungen der Tönungswerte zur Folge hat. Schwankungen könnten bei drahtlosen Übertragungen, insbesondere bei kurzen Wellen, durch die Schwierigkeit, die Wellen unveränderlich zu halten, durch Einflüsse der Tageszeit und andre Ursachen hervorgerufen werden.

Von hauptsächlichem Einflusse sind aber plötzliche und unregelmäßige atmosphärische Störungen. Bei dem Impulsverfahren bleiben ebenso wie beim schnelltelegraphischen Empfang die auftretenden Störungen ohne nennenswerten Einfluß auf die empfangenen Zeichen, solange die Störungen unterhalb des Schwellwertes i_s liegen, auf den die Schreibvorrichtung des Empfängers anspricht und der möglichst hoch gewählt wird. Dieser Fall ist in Abb. 6 schematisch dargestellt. Es sind hier wiederum zwei Stromimpulse gezeichnet, denen sich ein störender Strom $i <$ als i_s überlagert und die Stromkurve i_0 in i_1 überführt. Hieraus ist ersichtlich, daß durch den störenden Strom keine nennenswerte Beeinträchtigung der Tönungswiedergabe bedingt wird, da oberhalb des maßgebenden Schwellwertes t_s noch keine unzulässige Änderung der Zeichenlänge auftritt.

Eine Betrachtung des Stromveränderungsverfahrens unter gleichen Bedingungen ergibt dagegen ein ganz anderes Bild. In Abb. 4 *d* ist gezeichnet, wie sich ein störender Strom *i* der Stromkurve nach Abb. 4 *c* überlagert. Da i_0 hierbei denjenigen normalen Stromwert angibt, der im Empfänger die volle Schwärzung der Empfangsschicht hervorruft, so bleiben alle darüber gelegenen Stromwerte wirkungslos. Im gezeichneten Fall bleiben daher mehr als die Hälfte aller Tönungsstufen vollkommen schwarz, und selbst an Stelle der hellsten weißen Punkte werden noch, der Stromstärke *i* entsprechend, überaus dunkle Tönungen wiedergegeben. Hierdurch entsteht ein vollkommenes Verwischen der Tönungen. Für die hellsten Tönungswerte beträgt die Störung $\frac{i}{e} \times 100$ vH $= \frac{5}{1} \times 100 = 500$ vH, während für die gleiche Tönung beim Strichverfahren die Störung nur $\frac{2\tau}{t_8} \times 100$, also nur 40 vH, beträgt. Hieraus geht hervor, daß das Strichverfahren für zahlreiche bildtelegraphische Zwecke, insbesondere für drahtlose Übertragungen über ganz große Entfernungen, wichtige Vorteile gegenüber dem Stromveränderungsverfahren aufweist.

Das neue Verfahren.

Aus der oben dargelegten Überlegenheit des Strichverfahrens einerseits und der Tatsache der bedeutenden praktischen und wirtschaftlichen Vorteile, die die bisherigen Phototelegraphen durch die Möglichkeit eines unmittelbaren Abtastens des zu übertragenden getönten Bildes unter Vermeidung von jeglichen Vorbereitungsarbeiten (Rasterbilder und dergleichen) bieten, anderseits entstanden die Richtlinien, nach denen sich das von mir praktisch durchgeführte neue bildtelegraphische Verfahren entwickelt hat. Schon 1906 wurden auch von andrer Seite Versuche in ähnlicher Richtung unternommen, ohne daß sie aber zu einer praktisch brauchbaren Lösung führten.

Abb. 7. Schema der Freundschen Einrichtung zur Bildübermittlung.

a	umlaufende Glaswalze mit Vorschub	*k, l*	durchbohrte Polschuhe
b	Lichtquelle	*m*	Lichtquelle
c	Linsensatz	*n*	Linsensatz
d	Spiegel	*o*	umlaufende Lichtsperre
e	lichtelektrische Zelle	*p, q, r*	schmale Lichtöffnungen
f, g	elektrische Leitungen	*s*	lichtelektrische Zelle
h	Blättchen des Saitengalvanometers	*u*	drahtlose Sendestation.

Der von mir entworfene Bildtelegraph, Abb. 7 und 8, ist ein nach dem oben beschriebenen S t r i c h v e r f a h r e n arbeitender Apparat. Vom bisherigen Telautographen, der gleichfalls nach dem Strichverfahren arbeitet, unterscheidet er sich aber dadurch wesentlich, daß bei ihm zur Bildübertragung keinerlei Metallblatt-Rasterbilder oder irgendwelche andern vorbereitenden Zwischenstufen erforderlich sind. Das zu übertragende Bild wird ebenso wie beim Phototelegraphen unmittelbar in den Sendeapparat eingelegt, auf photoelektrischem Weg abgetastet und durch einen besonderen Vorgang vollkommen selbsttätig und mit außerordentlich hoher Geschwindigkeit in die Telegraphierstrichzeichen umgewandelt. Diese Telegraphierimpulse werden zur Empfangstelle übertragen und betätigen hier die Empfangvorrichtung, die im Gegensatz zum Telautographen eine Rückverwandlung der Stromzeichen in Tönungswerte bewirkt und so das Bild mit allen Feinheiten wiedergibt.

Die Wirkungsweise des neuen Apparates ist im wesentlichen folgende: Das zu übertragende Bild wird in den Sendeapparat eingelegt und photoelektrisch unmittelbar abgetastet. In Abb. 7 ist der Vorgang schematisch angedeutet. *a* ist eine umlaufende Glaswalze mit Vorschub, um die das zu übertragende durchscheinende Bild gelegt wird. *b* ist eine Lichtquelle, die durch den Linsensatz *c* den Zylinder *a* punktförmig durchleuchtet und deren Licht vom Spiegel *d* nach der lichtelektrischen Zelle *e* geworfen wird. Das Bild wird somit in gleicher Weise abgetastet wie beim Phototelegraphen. Die von der lichtelektrischen Zelle *e* hierbei gelieferten veränderlichen photoelektrischen Ströme werden (erforderlichenfalls über eine Verstärkeranordnung) einer Relaisvorrichtung zugeführt, in der die

Abb. 8. Sendeanlage von Freund für Bildtelegraphie.
a Sendeapparat *b* Antrieb *c* Schalttisch *d* Verstärkeranlage *e* Meßgeräte *f* Batterien.

Abb. 9. Das Wesen des Freundschen „Phototelautographen".

a eine zu übertragende getönte Punktreihe
b die zu *a* gehörigen Telegraphierzeichen, durch die die Tönungswerte übertragen werden
} Sendeseite

c die an der Empfangstelle ankommenden Stromstöße
d das durch die empfangenen Stromstöße wieder hervorgerufene Tönungsbild
} Empfangseite

veränderlichen Stromwerte in Telegraphierimpulse von bestimmter Länge umgesetzt werden.

Bei der von mir verwendeten ersten Versuchseinrichtung spielte sich der beschriebene Vorgang folgendermaßen ab: Der veränderliche photoelektrische Strom der Zelle *e* wurde durch die Leitungen *f* und *g* dem Faden eines Saitengalvanometers zugeführt. Auf dem Faden ist ein kleines Blättchen *h* aufgekittet, das sich zwischen den kegelig durchbohrten Polschuhen *k* und *l* des Magneten bewegt. In der Ruhelage verdeckt das Blättchen *h* einen Lichtkegel *a*, der von der Lichtquelle *m* und einem Linsensatz *n* gebildet wird. Je nach der Stärke der dem Saitengalvanometer zugeführten, den Tönungswerten der Bildelemente entsprechenden veränderlichen elektrischen Ströme wird das Blättchen *h* mehr oder weniger abgelenkt und gibt eine breitere Zone β des Lichtkegels frei. Der freigegebene Teil des Lichtkegels fällt auf eine mit gleichmäßiger Geschwindigkeit umlaufende Lichtsperre *o*, die als Schlitzscheibe ausgebildet ist und schmale Lichtöffnungen *p*, *q*, *r* usw. aufweist. Durch diese Öffnungen gelangt das Licht zu einer zweiten lichtelektrischen Zelle *s* und löst in dieser je nach der Dauer, während derer die jeweilige Öffnung der Lichtsperre die freigegebene Zone β des Lichtkegels durcheilt, einen Strom aus, dessen Zeitdauer *t* der Stärke der veränderlichen Ströme und hierdurch den wiederzugebenden Tönungswerten entspricht. Diese Impulse werden auf dem Drahtwege oder drahtlos zur Empfangstelle übertragen, wo entsprechende Einrichtungen wieder die Stromimpulse in Bildtönungen zurückverwandeln. Diese Rückverwandlung geschieht im wesentlichen in der Weise, daß durch die eintreffenden Impulse gemäß ihrer Länge die Belichtungszeit einer photographischen Schicht verändert wird, wodurch bei entsprechender Wahl der Lichtquelle und der Beschaffenheit der photographischen Schicht die gewünschten Tönungsabstufungen erreicht werden, Abb. 9. Abb. 10 zeigt ein so übertragenes Bild.

Abb. 10. Mit dem Freundschen „Phototelautographen" übertragenes Bild.

Der im vorstehenden beschriebene Apparat, für den bereits auch andere Ausführungsformen vorgesehen sind, ist aber nicht ausschließlich auf die Anwendung von Strichzeichen zur Übertragung der Bildtönungen beschränkt. Dort, wo unter ganz besonders günstigen äußeren Umständen, kurzen Entfernungen und besonders an störungsfreien Tagen das Arbeiten nach dem gewöhnlichen Stromveränderungsverfahren gelegentlich vorteilhaft erscheinen könnte, gestattet der Apparat ohne weiteres den Übergang von dem Strichverfahren auf das Stromveränderungsverfahren, indem dann mittels eines einfachen Umschalters die Leitungen *f* und *g* in Abb. 7 vom Saitengalvanometer *h* abgeschaltet und unmittelbar auf den Sender *u* umgeschaltet werden. Hierdurch werden die veränderlichen Ströme der Zelle *e* unmittelbar zur Fernübertragung des Bildes herangezogen.

Auf Grund der obigen Ausführungen ist der neue Apparat in der Lage, sich weitgehend den in der Praxis vorkommenden Betriebsbedingungen anzupassen und stets unter Ausnutzung der wirtschaftlichsten Bedingungen zu arbeiten. Auch der Empfang kann gleichfalls, wo es erforderlich erscheint, vom Tönungsempfang auf Schwarzweißempfang umgestellt werden. Diese weitgehenden Möglichkeiten sichern der neuen Einrichtung ein weites Verwendungsgebiet. Trotzdem darf nicht außer acht gelassen werden, daß auch die andern bestehenden bildtelegraphischen Verfahren in einzelnen Fällen Vorzüge haben, die sie für gewisse Verwendungsgebiete besonders geeignet erscheinen lassen, und daß auch auf dem Gebiete der Bildtelegraphie die verwendeten Anordnungen und Verfahren ihren besonderen Zwecken angepaßt werden müssen.

Der neue Bildtelegraph, der getönte Bilder ebensogut wie Schwarzweißbilder zu übertragen gestattet, wird immer dort herangezogen werden müssen, wo mit dem Auftreten starker Störungen zu rechnen ist: Insbesondere zur Aufrechterhaltung eines regelmäßigen und ungestörten drahtlosen bildtelegraphischen Betriebes über große und größte Entfernungen, bei denen einerseits mit dem Stromveränderungsverfahren ein ungestörter Betrieb nicht mehr möglich ist und wo anderseits mit dem alten Raster-Zwischenbildverfahren die Wirtschaftlichkeit des neuen Bildtelegraphen bei weitem nicht erreicht werden kann. [B 681]

2 D 1-Heißdampf-Vierzylinder-Verbund-Schnellzuglokomotive der Spanischen Nordbahn.

Von Dipl.-Ing. Adolf Wolff, Oberingenieur, Hannover.

(Schluß von S. 1082)

Baubeschreibung der Lokomotive.

Mit der Achsanordnung 2 D 1 entspricht die Lokomotive der heute auf den nordamerikanischen Bahnen für schwersten Schnellzugdienst auf gebirgigem Gelände weitverbreiteten Bauart, die man, dem dortigen Brauche folgend, mit Mountain-Bauart bezeichnet.

Die 2 D 1-Lokomotive erschien zuerst auf den südafrikanischen Schmalspurbahnen im Jahre 1909. Im Jahre 1911 folgte dann die erste regelspurige Ausführung in Nordamerika auf der Cheasepeake- und Ohio-Bahn, wo die Verhältnisse des Landes, d. h. gebirgige und lange, ohne Maschinenwechsel zu durchfahrende Strecken, bei schwersten Zügen diese Bauart erforderten. In Europa kam man bislang mit den Bauarten 2 C 1 und für die mehr gebirgigen Strecken mit der Bauart 1 D 1 aus. Erst im Frühjahr 1925 erschien auch hier die Mountain-Bauart, und zwar bei der Französischen Ostbahn und gleich darauf auch bei der Paris – Lyon – Mittelmeer-Bahn. Bei Bekanntwerden dieser beiden Lokomotiven war die spanische Mountain-Lokomotive, die erste europäische Lokomotive für Breitspur, bei der Hanomag bereits im Bau begriffen.

In Zahlentafel 3 sind diese 2 D 1-Lokomotiven einander gegenübergestellt. Zu bemerken ist dazu, daß für die beiden französischen Ausführungen Achsbelastungen von 18,5 t zugelassen waren, während für die breitspurige spanische Lokomotive nur 16 t Achsdruck zur Verfügung standen. Trotzdem übertrifft letztere in ihren Kesselabmessungen die Ostbahn-Lokomotive beträchtlich, und ihre spezifische Leistung, bezogen auf höchste Dauerleistung und Leergewicht, ist um 14,4 vH größer.

Die PLM-Lokomotive hat bessere Gewichtausnutzung als die der Ostbahn mit 24,4 PSi/t gegen 21,4 PSi/t, wird aber von der spanischen Bauart mit 24,5 PSi/t noch überboten, obwohl ihre breitere Spur mindestens 1 t totes Gewicht mehr erfordert.

Kessel.

Abb. 14 und 15 zeigen den Kessel, der durch seine außergewöhnlichen Abmessungen auffällt. Er besteht aus drei Schüssen, von denen die beiden vorderen zylindrisch sind mit 1750 und 1792 mm Dmr. bei 21 und 22 mm Blechdicke. Der dritte Schuß ist nach unten kegelig zur Aufnahme der Verbrennungskammer ausgebildet und hat einen größten inneren Durchmesser von 1950 mm bei 23 mm Blechdicke. Der Abstand zwischen den Rohrwänden beträgt 5762 mm. 155 Heizrohre von 50/55 mm und 30 Rauchrohre von 125/133 mm Dmr. wurden untergebracht. Der mittlere Kesselschuß trägt den sehr niedrigen, 855 mm weiten Dom, mit einem Ventilregler von Schmidt & Wagner von 160 mm Dmr. Von einem Schlammabscheider konnte mit Rücksicht auf das zu verwendende gute Gebirgswasser abgesehen werden.

Der Stehkessel, Abb. 15, nach Belpaire, ist mit flacher Decke, voller Vorderwand und stark geneigter Rückwand ausgebildet. Die kupferne Feuerbüchse hat eine 900 mm lange Verbrennungskammer, und man brauchte zu ihrer Herstellung eine Kupferplatte von 5000 × 4100 × 15 mm Größe, da der Mantel mit dem oberen Teil der Verbrennungskammer aus einem Stück besteht. Bei diesen Abmessungen der Feuerbüchse war eine Verankerung durch gewöhnliche Stehbolzen wegen der bei der Erwärmung auftretenden starken Schubkräfte nicht mehr möglich. Es mußte zur Verwendung des Gelenkstehbolzens nach Tate, Abb. 16, im Bereich der Verbrennungskammer und in den äußeren Reihen der ebenen Felder geschritten werden. Im ganzen wurden für jeden Kessel 458 solcher eisernen Kugelstehbolzen vorgesehen. Auch die Deckenanker hängen über der Verbrennungskammer in Kugeln. Eine 1600 mm lange Feuerbrücke ist nach amerikanischem Muster auf vier Wasserrohren von 69/76 mm Dmr. gelagert. Sie trägt zur besseren Ausnutzung der Verbrennungsgase bei und ließ eine Heranführung der Überhitzer-Umkehrenden bis auf 300 mm an die Rohrwand zu.

RZ717Z18

Abb. 14. Kessel für die 2 D 1-Heißdampf-Vierzylinder-Verbund-Schnellzuglokomotive für die Spanische Nordbahn.

Zahlentafel 3. Europäische 2 D 1-Lokomotiven.

		Franz. Ostbahn Reihe 41 001	PLM Bahn Reihe 241 A 1	Span. Nordb. Reihe 4601
Spurweite	mm	1435	1435	1676
Dampfdruck	at	16	16	16
Rostfläche	m²	4,40	5,00	5,00
Heizfläche der Feuerbüchse .	„	24,00	23,70	23,40
„ „ Rohre	„	194,00	232,00	208,00
„ gesamt	„	218,00	255,70	231,40
Überhitzer-Heizfläche . .	„	92,00	113,90	83,60
Dmr. d. H.-Zyl.	mm	450	510	460
„ „ N.-Zyl.	„	710	720	700
Kolbenhub der H.-Zyl.	„	720	650	680
„ „ N.-Zyl.	„	720	700	680
Verhältnis der Zylinderinhalte		2,50	2,14	2,32
Treibrad-Dmr.	mm	1 950	1 800	1 750
Leergewicht der Lok. G_l . . .	t	102,00	104,69	94,3
Dienstgewicht der Lok. G_d . .	„	112,00	116,86	104,2
Reibungsgewicht der Lok. G_r	„	74,00	74,4	64,6
Größte Zugkraft	kg	13 100	17 400	15 600
Gesamte Länge ohne Tender	m	16,00	16,45	16,95
Spez. Leistung $\frac{Ni'}{G_l}$	PSi/t	21,4	24,4	24,5

RZ717Z19

Abb. 15. Hinterer Teil des Kessels, Abb. 14.

Die Rauchkammer hat die bedeutende Länge von 3112 mm. Nach den Erfahrungen der Deutschen Reichsbahn mit den P 10- und T 20-Lokomotiven wurde das feststehende Blasrohr tief, 485 mm unter die Rauchkammermitte, verlegt und erhielt einen Durchmesser von 160 mm. Der Schornstein hat in 1635 mm Entfernung vom Blasrohr den engsten Durchmesser von 476 mm und erweitert sich bei 500 mm Länge auf 538 mm an der Mündung.

Zur Ausrüstung des Kessels gehört eine nichtsaugende Strahlpumpe von Friedmann, Klasse BZ Nr. 11, mit 280 l Wasserförderung in der Minute und ein auf der

Abb. 16. Kugelstehbolzen nach Tate.

Abb. 17 und 18. Schüttelrost nach Egui in Verbindung mit Kipprost.

Der schwachgeneigte Rost, Abb. 17 und 18, von $2{,}7 \times 1{,}86 = 5\ m^2$ Fläche ist als Schüttelrost nach dem spanischen Patent von Egui in Verbindung mit einem Spindelkipprost ausgebildet; beide sind vom Führerstand aus zu bedienen. Beim Aufbau des Aschkastens, Abb. 19 und 20, wurde besonderer Wert auf großen Raum und reichliche Luftquerschnitte gelegt. Diese betragen $0{,}72\ m^2$ oder 14,4 vH der Rostfläche. Der Überhitzerkasten, Abb. 21 und 22, unterscheidet sich von den gewöhnlichen gußeisernen Sammelkasten dadurch, daß die Unterteilung in Naß- und Heißdampfkammern nicht durch eingegossene Wände, sondern durch eingewalzte Rohrstücke erzielt wird.

Die beiden Pop-Coale-Sicherheitsventile von 3½" Durchgang mußten wegen der hohen Lage des Kesselmittels auf dem kegeligen dritten Kesselschuß radial angeordnet werden.

Für gute Reinigungsmöglichkeit, namentlich im Bereich der Verbrennungskammer, ist durch 27 kleine, 5 mittlere und 5 große Auswaschluken gesorgt. Ferner ist ein absperrbarer gemeinsamer Dampfentnahmestutzen vorgesehen, an dem die Dampfventile für die Strahlpumpe, Vorwärmerpumpe usw. angebracht sind.

Zur Beschickung des Rostes dient eine dreiteilige, nach innen aufschlagende Klapptür. Die Anordnung ist so getroffen, daß durch Umlegen eines der beiden Gewichthebel jedesmal der seitliche und mittlere Teil der Tür geöffnet wird und infolge des Gewichtausgleiches in jeder Zwischenstellung verharrt. Die gesamte Türöffnung hat 730 mm Breite bei 430 mm Höhe.

rechten Lokomotivseite untergebrachter Worthington-Speisewasser-Vorwärmer, Nr. 2BZ von 245 l Wasserförderung in der Minute[1]). Dieser Worthington-Vorwärmer, Abb. 23, besteht aus einer Tandem-Dampfpumpe mit Kalt- und Heißwasserzylinder, die mit einem offenen Vorwärmer (Misch- oder Einspritzkondensator) in einem Gußstück vereinigt ist. Der dem Standrohr der Lokomotive entnommene Abdampf wird entölt und im Vorwärmer durch das einspritzende Tenderwasser niedergeschlagen. Infolge der Kondensation des Abdampfes entsteht je nach der Beanspruchung der Lokomotive ein Überschuß an Heißwasser, der den Vorwärmer anfüllt. Um ein Überfluten der Heizleitung (Abdampf) zu verhüten, hat man im Niederschlagraum einen Schwimmer untergebracht, der bei ansteigendem Wasser unter dem dadurch entstehenden Auftrieb gehoben wird. Hierdurch gibt er Öffnungen frei, die bewirken, daß das überschüssige Heißwasser durch ein besonderes Saugventil der Kaltwasserpumpe aus dem Schwimmerraum herausgepumpt und eine entsprechend geringere Kaltwassermenge vom Tender angesaugt wird. Ist das Wasser im Schwimmergehäuse bis zu einem gewissen Grade gesunken, so fällt der Schwimmer in seine anfängliche Lage zurück, schließt wieder die vorgenannten Öffnungen, und der Kaltwasserzylinder ist gezwungen, sein gesamtes Wasser vom Tender zu nehmen.

Der Aufbau des Vorwärmers ist sehr sinnreich, in der Anordnung einfach und im Betriebe zuverlässig. Bei ent-

[1] Vergl. Sonderheft: Eisenbahnwesen, VDI-Verlag 1925, S. 6.

Linke Maschinenseite, von hinten nach vorn gesehen. Rechte Maschinenseite, von hinten nach vorn gesehen.

Abb. 19 und 20. Aschkasten.

Abb. 23. Worthington-Abdampf-Speisewasservorwärmer.

a Dampfzylinder
b Kaltwasserpumpe
c Warmwasserpumpe
d Vorwärmer
e Abdampfrohr vom Blasrohr
f Ölabscheider
g Einspritzventil
h Schwimmer
i Warmwasserventil
k Gestängelose Dampfzylinder-Steuerung
l Rückschlagventil.

stehender Verschmutzung durch Schlamm und Kesselstein ist es nur nötig, das Kondensator-Schwimmergefäß auszuwechseln.

Außer den technischen Vorteilen bietet der Worthington-Vorwärmer einen erheblichen Gewichtgewinn gegenüber den bekannten Oberflächenvorwärmern. Bemerkenswert ist die Steuerung des Pumpendampfzylinders nur mit Dampf nach Lecain.

An fünf Stellen ist der Kessel mit dem Rahmen verbunden, und zwar vorn zunächst durch Verschrauben mit dem Sattel der Niederdruck-Zylinder, sodann durch Gleitstücke auf dem inneren Leitbahnhalter, durch ein Pendelblech von 8 mm Dicke unter dem zweiten Kesselschuß, durch beiderseitige Gleitstücke vorn unter dem Stehkessel und endlich durch ein 8 mm dickes Pendelblech unter der Stehkessel-Rückwand. An den Gleitstellen ist der Kessel durch Klammern gegen Abheben und seitliches Ausweichen gesichert; hierdurch wird auch der Kessel zum Tragen und zur Schonung des Rahmens beim Anheben der Lokomotive in der Werkstatt herangezogen.

Laufwerk.

Obwohl es üblich ist, wegen der besseren Zugänglichkeit der inneren Triebwerkteile bei Drei- und Vierzylinderlokomotiven Barrenrahmen anzuwenden, wurde hier auf Wunsch der Bahngesellschaft ein Blechrahmen, Abb. 6 bis 9 Tafel 7, vorgesehen. Die durchlaufenden, 17 m langen Rahmenwangen von 30 mm Dicke haben im Bereich der Treib- und Kuppelachsen einen lichten Abstand von 1450 mm, sind dann aber zum Unterbringen der Niederdruckzylinder auf 1620 mm Abstand abgekröpft und gehen, um der hinteren Laufachse auszuweichen, unter dem Stehkessel auf 1300 mm Abstand zusammen. Abgesehen von dem Gußstück des Niederdruckzylinders und von dem vorderen und hinteren Zugkasten dienen zur Rahmenquerversteifung lediglich Stahlgußstücke, die zugleich für Leitbahnhalter, Kesselträger, Aufhängung der Bremszylinder, Drehzapfenlager usw. benutzt sind.

Das führende, zweiachsige Drehgestell, Abb. 24 bis 26, trägt in einer Wiege, die in Pendeln aufgehängt ist, den kugeligen, mit dem Niederdruckzylinder-Gußstück verschraubten Drehzapfen. Die Rückstell-Kraftkomponente wird durch die Schrägstellung der Pendel selbst erzeugt, sie hängt also in ihrer Größe von der seitlichen Verschiebung des Drehgestelles ab. Letztere beträgt höchstens beiderseits 100 mm.

Die hintere Laufachse läuft in einem amerikanischen Bisselgestell mit Außenlagern. Stahlgußstücke bilden den Deichselrahmen, der an seinem vorderen Ende durch Drehzapfen mit dem Hauptrahmen verbunden ist und hinten die Rückstellvorrichtung trägt. Nach jeder Seite kann sich das Bisselgestell um 65 mm verschieben, wobei die auf Stahlkugeln von 70 mm Dmr. ruhenden Tragfedern durch einen Stahlgußbügel in ihrer senkrechten Lage gehalten werden. Die Lager und Achsbüchsen des Bisselgestelles sind nach der Bauart Isothermos mit selbsttätiger Schmierung von oben durch Ölschleuder ausgeführt[1]).

Sämtliche Kuppelachsen sind fest im Rahmen gelagert mit 5550 mm festem Radstand, doch sind die Spurkränze der zweiten und dritten Kuppelachse um 10 mm schwächer gedreht.

Die Einstellung der Lokomotive in Gleiskrümmungen von 300 und 160 m Halbmesser ist in Abb. 27 bis 31 dargestellt.

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 484.

Abb. 21 und 22. Dampfsammelkasten.

Abb. 24 bis 26. Drehgestell.

Das Lokomotivgewicht wird in den Federn in drei Punkten abgestützt, da die Tragfedern der Kuppelachsen untereinander und mit der Feder der hinteren Laufachse durch Ausgleichhebel verbunden sind.

Aus Zahlentafel 4 ist die sich für die dienstfähige Lokomotive ergebende Lastverteilung ersichtlich, desgleichen die Durchmesser der Räder, Abmessungen der Achsschenkel usw. Sämtliche Achsen bestehen aus Martin-Flußstahl mit Ausnahme der Kropfachse, die aus legiertem S.-M.-Stahl mit einem Zusatz von 2,5 vH Nickel + Chrom angefertigt ist und bei 60 kg/mm² Festigkeit 18 vH Dehnung aufweist. Die in Abb. 32 und 33 dargestellte Kropfachse mußte mit vier vollen Kurbelscheiben ausgebildet werden. Ein Schrägarm ließ sich infolge der getrennten Steuerungen für Hoch- und Niederdruckzylinder nicht ausführen, da die beiden Hubscheiben zwischen den beiden Kurbeln aufgekeilt werden mußten. Aus Festigkeitsgründen wurden in den Kurbelscheiben Frémont-Ausschnitte vorgesehen. Zur Verminderung der toten Lasten und auch zur Verbesserung der Wärmeabfuhr wurden die Laufachsen mit 50 mm, die Treib- und Kuppelachsen mit Bohrungen von 70 mm und die Kurbelarme der Kropfachse mit solchen von 120 mm Dmr. versehen. Sämtliche Radreifen sind aus hartem Sonderstahl von mindestens 80 kg/mm² Festigkeit hergestellt. Die Achslagergehäuse bestehen aus Flußeisen und sind durch Einsetzen gehärtet, während die Lagerschalen aus Rotguß mit Weißmetalleinguß angefertigt sind.

Zahlentafel 4. Radsatz-Abmessungen.

	○	○	○	○	○	○ ○
Achsdruck in t, berechnet	15	16	16	16	16	24
Achsdruck in t, gewogen	15,1	16	16,12	16,22	16,24	24,52
Rad-Dmr. . . . . . mm	1220	1750				860
Achsschenkel, Dmr. . „	170	210	210	210	230	160
„ Länge . „	355	240	240	240	260	300
„ Abstand „	2355	1350	1350	1350	1410	1284
Seitenspiel bzw. Spurkranzschwächung . „	±65	—	—10	—10	—	±100

Abb. 27 bis 31. Einstellung der Lokomotive in Gleiskrümmungen.

Triebwerk.

Auf Wunsch der Spanischen Nordbahn wurde das Triebwerk nach der Bauart de Glehn angeordnet, d. h. mit Zweiachsenantrieb und besonderen Steuerungen für Hoch- und Niederdruckmaschine, die je nach Wahl abhängig oder unabhängig voneinander verstellt werden können. Abweichend von der ursprünglichen Ausführung de Glehn liegen alle vier Zylinder in einer Querebene, Abb. 34. Die innenliegenden Niederdruckzylinder greifen mit 2000 mm langen Treibstangen ($l = 5{,}9\,r$) an der ersten doppelt gekröpften Treibachse an, während die außen liegenden Hochdruckzylinder mit 3300 mm langen Treibstangen die zweite Treibachse antreiben. Die 1 : 10,6 geneigten Niederdruckzylinder von 700 mm Dmr. sind in einem Gußstück vereinigt und bilden zugleich den Sattel zum Tragen der Rauchkammer, Abb. 35. Außerdem sind an dieses Gußstück die Gehäuse für die Anfahrwechselschieber angegossen, Abb. 36 bis 39. Abb. 40 bis 42 zeigen den Hochdruckzylinder.

Die Wechselschieber gestatten dem Lokomotivführer, die Lokomotive zu verwenden:

1. als Verbundlokomotive;
2. als Vierlingslokomotive, wobei auch den Niederdruckzylindern Frischdampf von verminderter Spannung (6 at) zugeführt wird und der Abdampf der Hochdruckzylinder unmittelbar ins Freie gelangt;
3. als Zwillingslokomotive mit den Hochdruckzylindern allein;

4. als Zwillingslokomotive mit den Niederdruckzylindern allein bei verminderter Spannung.

Die Wechselschieber werden durch einen Vakuumluftzylinder umgelegt, der mit den Sonderbehältern der Luftsaugebremse verbunden ist.

Sämtliche Lager der Treib- und Kuppelstangen mit Ausnahme der nur ausgebüchsten kreuzkopfseitigen Lager sind nachstellbar mit Schlagkeilen ausgeführt, die bei den Treibstangenköpfen durch besondere Bügel gesichert sind. Die vier Kreuzköpfe wurden zweigleisig mit Weißmetallausguß ausgebildet. Alle Zylinder sind mit reichlich bemessenen Sicherheitsventilen ausgerüstet. Auf der Heißdampfkammer des Überhitzerkastens sitzt ein großes Luftsaugeventil, ebenso an den Schieberkästen der Niederdruckzylinder. Die Druckausgleicher der Hochdruckzylinder sind handgesteuerte Drehschieber, dagegen sind die der Niederdruckzylinder selbsttätige Tellerventile nach der Bauart der Schweizerischen Lokomotivfabrik in Winterthur.

Die Kolbenschieber der Hoch- und Niederdruckzylinder haben einfache Ein- und Ausströmung und entsprechen den neuesten Erfahrungen der Deutschen Reichsbahn. Sie haben 220 bzw. 300 mm Dmr. und tragen auf jedem Körper vier schmale Gußringe von 6 × 8 bzw. 7 × 11 mm² Querschnitt. Zur Gewichtverminderung erhielten auch die Schieberschubstangen I-Querschnitt; ferner wurden die Lenker und Voreilhebel, deren Bewegung unmittelbar vom Kreuzkopfbolzen abgeleitet wird, im Verein mit der Schieberstangenführung möglichst leicht gehalten. Desgleichen wurden die Schieberstangen ausgebohrt und durch Pfropfen verschlossen.

Abb. 32 und **33.** Erster Treibradsatz

Abb. 40 bis **42.** Hochdruckzylinder.

Ausrüstung.

Die Lokomotive ist mit der Hardy-Luftsaugebremse unter Verwendung eines Super-Danton-Luftsaugers ausgerüstet. Die vier Kuppelachsen werden einklötzig von vorn abgebremst mit 70 vH des Reibungsgewichtes durch zwei Bremszylinder von 24″ Dmr. von je 1850 kg Hubkraft. Auf eine Bremsung der Laufachsen wurde verzichtet, da sie erfahrungsgemäß im Betriebe viele Anstände ergibt und meist außer Tätigkeit gesetzt ist. Außer dieser Bremse wurde die Le Chatelier-Gegendruckbremse eingebaut.

Zum Besanden der Treibräder wurden mit Rücksicht auf viele zu durchfahrende feuchte Tunnel zwei große Sandkästen angebracht, mit denen gleichzeitig alle acht Räder besandet werden können, und zwar die erste und dritte Achse mittels Dampfsandstreuers von Gresham und Graven und die zweite und vierte Achse durch Handsandstreuer.

Für die Schmierung der Kolben und Schieber sorgt ein achtstelliger Detroit-Bullaugen-Kondensationsöler. Endlich ist die Lokomotive mit elektrischer Beleuchtungseinrichtung mit Kopflicht und Turbodynamo von Baldwin-Sun-

Abb. 34. Lage der vier Zylinder.

Abb. 35. Anordnung der Niederdruckzylinder.

Abb. 36 bis 39.
Niederdruckzylinder mit Gehäuse für Anfahrwechselschieber.

beam ausgerüstet. Ferner sind anzuführen: ein Geschwindigkeitsmesser von Hasler, ein Fernpyrometer von Siemens & Halske und Klingersche Wasserstandgläser.

Zum Schluß mag noch erwähnt werden, daß die große Länge der Lokomotive von 17 m mit der weit vorgezogenen vorderen Pufferbohle in der vorgeschriebenen Belastung von nur 6 t/m, gemessen über die Puffer von Lokomotive und Tender, begründet ist. Mit Tender beträgt die Länge der Lokomotive 25½ m; ein Wenden ist bei 21 250 mm Gesamtachsstand auf den vorhandenen 23 m langen Drehscheiben möglich. [B 717]

Fachsitzung Dieselmaschinen[1])

gelegentlich der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure am 9. Mai 1925 zu Augsburg.

Nach Begrüßung der Teilnehmer durch Prof. Dr.-Ing. Nägel und kurzen Nachrufen an Dir. Hertwig und Prof. Schröter übernahm Geh. Baurat Dr.-Ing. eh. Lauster den Ehrenvorsitz der Versammlung mit folgendem Rückblick auf die

Entstehung und Entwicklung des Dieselmotors.

Genau dreißig Jahre sind vergangen, seit Diesel das erste Diagramm mit positiver Arbeitsfläche nach etwa zweijährigen rastlosen und mühevollen Versuchen als sichtbares Lebenszeichen seiner Erfindung erreicht hatte — ein erster Erfolg, der zwar dem Gewollten nicht entsprach, aber grundlegend für die weitere Entwicklung des Dieselmotors werden sollte. Der erste 20 PS-Motor wurde zwar viel später als angenommen fertig, nach und nach kam er zum Laufen, allmählich waren alle Hindernisse behoben und am 17. Februar 1897 konnte Prof. Schröter die ersten Verbrauchs- und Leistungsversuche durchführen. Der Haupterfolg war erreicht.

Aber niemand ahnte, daß die eigentlichen Schwierigkeiten erst im praktischen Dauerbetriebe (Fabrikbetrieb) beginnen würden. An den Vertrieb der Motoren war daher nach den Schwierigkeiten, die sich in der ersten, in der Zündholzfabrik Kempten aufgestellten Maschine zeigten, so rasch nicht zu denken. Die MAN kam aus den Versuchen nicht heraus, statt der erwarteten Erfolge mußte sie neue Opfer bringen. Die Allgemeinheit, verschiedene Sachverständige und die Konkurrenz waren der Meinung, den hohen Drücken und Temperaturen, die beim Dieselmotor vorkommen, sei auf die Dauer das Material nicht gewachsen. Die Spitze von Werk Augsburg, Generaldirektor Buz, hörte jedoch nicht auf die Zweifler, sein Vertrauen, das der andern Seite gehörte, gab Ansporn zu Mut und Tatkraft, so daß nach jahrelanger mühevoller Arbeit ein bleibender Erfolg errungen werden konnte. Von 1900 ab war die Dieselsache durch ihre Gegner nicht mehr aufzuhalten. Die Krisis war überwunden, die Brücke vom betriebfähigen zum betriebsbrauchbaren Motor geschlagen: bereits waren 14 Motoren mit etwa 500 PS_e Gesamtleistung bestellt.

Nach den praktischen Erfolgen der damals entstandenen Augsburger kreuzkopflosen stehenden Viertaktmaschine, bei der ein Brennstoffverbrauch von 185 $g/PS_e h$ erzielt wurde, drang jetzt der Dieselmotor in die verschiedenen Verwendungsgebiete ein. Es wurden die verschiedensten Typen von Klein- und Großmotoren entwickelt, neben Viertaktmotoren der Zweitakt und der doppeltwirkende Viertakt liegender Bauart, in Größen bis zu 1000 PS im Zylinder. Vorherrschend blieb der stehende Motor mit dem Vorteil, daß man die Zylinder aneinanderreihen konnte, schnell- und langsamlaufend, für U-Boote und für ortfeste Anlagen.

Mächtig stieg auch das Interesse der Schiffahrtkreise. Ganz unvermittelt stellte sich alles auf Zweitakt, einfach- und doppeltwirkend, ein. Der Rückschlag konnte aber infolge mangelnder Erfahrungen nicht ausbleiben. Die heutigen Erkenntnisse bestätigen die Schwierigkeiten der raschlaufenden Zweitaktmotoren; die mit den Drehzahlen rasch ansteigenden Temperaturen benachteiligen Schmierfähigkeit und Dauerhaftigkeit der Werkstoffe. Die Arbeiten am Endziel der Großölmaschine, am doppeltwirkenden Zweitakt, haben jedoch den Erwartungen vollauf entsprochen. Ohne unzulässige Erhöhung der Wärmebeanspruchung ergibt sich bei entsprechender Wahl des mittleren Druckes für das neue Umkehrspülverfahren eine besonders günstige, einfache und billige Bauart der doppeltwirkenden Schlitzspülmaschinen.

Das Feld der Anwendung des Dieselmotors ist unbegrenzt geworden. Nach unten herrscht der kompressorlose Motor mit allen seinen Vorteilen für kleine und mittlere Maschinen, nach oben einfach wirkender Viertakt, Zweitakt, doppeltwirkender Viertakt und doppeltwirkender Zweitakt. Hervorzuheben ist noch der Kohlenstaubmotor, der bei der ersten Entwicklung des Dieselmotors die wenigsten Aussichten geboten hatte. Die Arbeiten von Pawlikowski auf diesem Gebiete scheinen einen aussichtsreichen Weg beschritten zu haben.

Hierauf sprachen Prof. Nägel über „Die Dieselmaschine in Amerika", Z. Bd. 69 (1925) S. 629 u. f., Dr.-Ing. Geiger über „Dieselmotor und Kraftübertragung für Großöllokomotiven", Z. Bd. 69 (1925) S. 642, Dr.-Ing. M. Mayer über „Die Dieselmaschine vom Standpunkt des Lokomotivbaues", Z. Bd. 69 (1925) S. 635, Obering. Hintz über „Dieselmotoren mit Strahlzerstäubung, Mittel und Wege zur Beeinflussung der Verbrennung beim Strahlzerstäubungsverfahren", Z. Bd. 69 (1925) S. 673 und Dr.-Ing. W. Riehm über „Schnellaufende Dieselmaschinen für Fahrzeuge", Z. Bd. 69 (1925) S. 1125.

In der Aussprache über die Vorträge berichtete Hr. Schumacher über „Rohöllokomotiven mit kompressorlosem Dieselmotor und Flüssigkeitsgetriebe", Z. Bd. 69 (1925) S. 647, Dipl.-Ing. Huwiler ging näher auf das Schwartzkopff-Huwiler-Getriebe ein, das namentlich bei Diesellokomotiven Verwendung findet. Prof. Föttinger gab seiner Meinung über die Frage des Großwechselgetriebes hinsichtlich der Betriebsbedingungen Ausdruck und ging darauf zur Besprechung seines Turbogetriebes mit selbsttätiger Zugkraftsteigerung über. Hr. Brown sprach dann über das hydromechanische Kolbengetriebe „Winterthur", Bauart Schneider, Z. Bd. 69 (1925) S. 499 u. 595.

Prof. P. Meyer setzte sich mit der Behauptung des Hrn. Geiger auseinander, eine Druckluftlokomotive mit Ölmotorenantrieb werde zweckmäßiger mit Frischluft, anstatt mit Abgasen gefahren. Schließlich nahm Hr. Berndt Stellung zu den Ausführungen des Hrn. Hintz bezüglich der Ausbildung von Kolbenboden bei der Firma Krupp und erläuterte die Untersuchungen über den Zerstäubungsvorgang an Ölkügelchen unter dem Mikroskop.

[N 876] Kd. M.

[1]) Die Aussprache wird, wie bereits in den VDI-Nachrichten Nr. 32 vom 12. August 1925 unter der Überschrift „Hauptversammlung 1925" angekündigt, in einem Fachheft „Dieselmaschinen" in vollem Umfang veröffentlicht werden.

Der elektrische Probebetrieb der Königl. Ungarischen Staatsbahnen.

Von Staatsbaurat Ing. L. von Verebély, Leiter des Elektrisierungsbureaus der Königl. Ung. Staatsbahnen.

Es wird über die Versuchsanlage der königlich ungarischen Staatsbahnen berichtet, in der seit längerer Zeit eine neue Anordnung für den elektrischen Betrieb von Hauptbahnen der praktischen Prüfung unterzogen wird. Diese beruht auf Phasenumformung auf der Lokomotive und ermöglicht die Verwendung von 50periodigem Wechselstrom am Fahrdraht, daher den unmittelbaren Anschluß des Bahnbetriebes an die allgemeine Landeskraftversorgung.

Die Königl. Ungarischen Staatsbahnen veranstalten bereits seit längerer Zeit eingehende und großzügige Versuche mit einer neuen Anordnung für den elektrischen Betrieb von Hauptbahnen, von der zuerst im Sommer 1924 auf der Ersten Weltkraftkonferenz in London berichtet wurde.[1])

Das neue System kommt der auf der Konferenz auch von den bekanntesten englischen und amerikanischen Fachleuten klar ausgesprochenen Forderung der Energiewirtschaft nach, daß elektrisch betriebene Hauptbahnen hinsichtlich ihres Strombedarfes keine Sonderstellung in der allgemeinen Elektrizitätsversorgung des Landes einnehmen dürfen. Es muß vielmehr sowohl wegen der Wirtschaftlichkeit der Kraftwerke als auch der betriebsicheren und billigen Strombeschaffung der Bahn die Möglichkeit geschaffen werden, die elektrische Bahn mit Strom aus den für allgemeine Licht- und Kraftzwecke arbeitenden Kraftwerken bzw. Fernleitungsanlagen unmittelbar zu speisen. Die richtigste Lösung des elektrischen Bahnbetriebes ist daher in einer solchen Anordnung zu erblicken, die die Erzeugung oder Umformung und Übertragung einer besondern Bahnenergie unnötig macht und die unmittelbare Verwendung von Wechselstrom normaler Frequenz (50 Per./s) am Fahrdraht gestattet. Eine solche Lösung ist beim heutigen Stande der Technik weder mit Einphasen-Kommutatormotoren, noch mit unmittelbar antreibenden Drehstrommotoren möglich, da jene wegen der Kommutierungsschwierigkeiten, diese mit Rücksicht auf den Leistungsfaktor an die im Bahnbetrieb üblichen niedrigeren Periodenzahlen (16⅔ Per./s in Europa und 25 in den Vereinigten Staaten von Amerika) gebunden zu sein scheinen.

Die neue, von Dr.-Ing. K. v. Kandó ausgearbeitete Anordnung beseitigt die Schwierigkeit in der Weise, daß es auf der Lokomotive zwei voneinander getrennte und weitgehend unabhängige Stromkreise schafft, deren Vermittlungsglied ein synchroner Phasenumformer ist. Diese dem Transformator der Einphasenlokomotiven entsprechende, jedoch einer kleinen Turbodynamo ähnliche Maschine wird von dem vom Fahrdraht genommenen Einphasenstrom von 15 000 V Spannung und 50 Per./s angetrieben und liefert ihrerseits niedrig gespannten Dreiphasenstrom zur Speisung der Haupt- und Nebengetriebemotoren. Die Lösung gestattet nicht nur die Vereinigung der vorzüglichen Eigenschaften von einfachen und kräftigen Drehstromlokomotiven mit denen der billigen und betriebsicheren einpoligen Hochspannungsoberleitung, sondern ermöglicht, daß durch entsprechenden Entwurf der Motoren und des Phasenumformers und durch dessen eigenartige selbsttätige Regelung der Erregung wesentliche Vorteile betriebs- und elektrotechnischer Natur erreicht werden[2]).

Hiervon sei folgendes hervorgehoben. Die Motoren arbeiten zwischen weiten Grenzen der Belastung mit angenähert gleichbleibendem, und zwar mit dem theoretisch höchsten Wirkungsgrad. Dementsprechend ist auch der Wirkungsgrad der ganzen Lokomotive praktisch genommen unveränderlich. Dieser Umstand erhöht nicht nur die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Lokomotiven, sondern läßt auch die Verminderung der Anzahl der Lokomotivgattungen zu. Die Unabhängigkeit des primären und sekundären Stromkreises gewährt freie Hand in der Bemessung der Motoren, so daß diese mit hoher Baustoffausnutzung gebaut werden können, was bei gegebener Leistungsfähigkeit zu einer leichteren Bauart oder, bei bestimmtem Gewicht, zu höherer Leistungsfähigkeit führt. Vermöge dieser Eigenschaften kann ein Teil des durch den Phasenumformer bedingten Mehrgewichtes ausgeglichen werden, so daß die spezifische Leistungsfähigkeit einer Phasenumformerlokomotive nur wenig derjenigen einer Drehstromlokomotive von gleicher Leistung nachsteht. Die selbsttätige Regelung der Erregung des Phasenumformers sorgt dafür, daß die Phasenverschiebung des vom Fahrdraht abgenommenen Stromes auf beliebigem Wert gleichbleibend gehalten werden kann ($\cos\varphi = 1$ bis 0,95 voreilend), so daß die Bahn nicht nur an sich ein sehr willkommener Großstromabnehmer wird, sondern zur Regelung des Leistungsfaktors der ganzen Kraftverteilungsanlage beitragen kann.

Die Kennzahlen der für Personen- und Güterzugdienst bestimmten Probelokomotive sind die folgenden:

Achsanordnung	0 E 0
Gesamtlänge über Puffer	9640 mm
Gesamter Radstand	6580 „
Fester Radstand	4080 „
Treibraddurchmesser	1070 „
Dienstgewicht	80 t
Achsdruck	16 „
Anfahrzugkraft ungefähr	20 000 kg
Stundenleistung der Motoren	2700 PS
Geschwindigkeitsstufen bei 50 Per./s	25/33,3/50/66,6 km/h.

Der mechanische Teil wurde in den Werkstätten der Ungarischen Staatlichen Maschinenfabrik (Magyar Allami Gépgyár), die elektrische Ausrüstung von der Ganzschen Elektrizitäts-A.-G., beide in Budapest, ausgeführt.

Die Triebmaschinen sind halbhoch im Rahmen aufgestellt und arbeiten auf die mittlere Treibachse. Das Triebwerk besteht aus einem Gliederrahmen, der die Motorkurbeln und den Kurbelzapfen des mittleren Treibrades in der Weise verbindet, daß die wagerechte Kraftkomponente wie in einem starren System übertragen wird, in lotrechter Richtung dagegen das freie Spiel des Treibrades zwanglos gewahrt bleibt. Diese Lösung erlaubt freie Wahl in der Höhe der Motoren über den Treibachsen und hat gegenüber dem bekannten starren Dreieck-(Kandó-)Rahmen den doppelten Vorteil, daß das Triebwerk erstens aus einfachen Stangen zusammengebaut ist und zweitens die Kulisse vermeidet, deren Schmierung und Instandhaltung in der Praxis gewisse Schwierigkeiten bereitet.

Die Lokomotive besteht aus drei voneinander durch Scheidewände getrennten Teilen, Abb. 1. Im mittleren, oben flach abgerundeten Kasten sind der Phasenumformer, die beiden Triebmotoren, der Hauptlüfter und der Hauptölschalter untergebracht. Vor dem Kasten befindet sich die etwas niedrigere Stirnhaube, unter der der Wasserwiderstand mit seiner Umlaufpumpe und seinem Lüfter sowie der Luftverdichter stehen. Hinten schließt sich an den Kasten das Führerhaus an, in dem der Fahrschalter, die selbsttätigen Regler und die Meßgeräte untergebracht sind. Der mittlere Kasten ist schmaler als das Führerhaus, so daß die Aussicht auch nach vorn wie bei den älteren kleineren Dampflokomotiven vollkommen ausreichend ist.

Der Phasenumformer ist ähnlich wie ein zweipoliger Wechselstromerzeuger für Turbinenantrieb gebaut. Sein mit zwei voneinander unabhängigen Wicklungen versehener Ständer ist zur besseren Kühlung und Isolierung in einem mit Transformatoröl gefüllten Kasten untergebracht. Dieser ist mittels dreier Ösen und Bolzen an entsprechend starken Rippen des Lokomotivkastens derart aufgehängt, daß sich der Umformer frei vom Lokomotivkasten einstellen kann. Der Läufer ist vom Ölbad mit Hilfe eines in den Luftspalt geschobenen und an den beiden Enden des Ölkastens sorgfältig abgedichteten Bakelitpapierzylinders abgetrennt. Der Erregerstrom wird von einer mit

[1]) Vgl. L. de Verebély: A new system for main line electrification. Transactions of the First World Power Conference Vol. IV.
[2]) Vgl. L. v. Verebély: Die elektrotechnischen Grundlagen eines neuen Phasenumformersystems zur Elektrifizierung von Hauptbahnen. ETZ Bd. 46 (1925) Heft 2 S. 87.

Abb. 1. Phasenumformer-Lokomotive für Wechselstrom von 50 Per./s der Königl. Ungarischen Staatsbahnen.

Abb. 2. Ausrüstung der Versuchsstrecke Budapest, Westbahnhof – Alag.

der Phasenumformerwelle gekuppelten eigenartigen Gleichstrommaschine geliefert und selbsttätig derart geregelt, daß im Hochspannungskreis der im voraus eingestellte Leistungfaktor gleichbleibt und im sekundären Stromkreis die mit der Belastung sich ändernde Spannung erzeugt wird, die dem höchsten Wirkungsgrade der Motoren entspricht.

Die beiden Triebmotoren sind je als Doppelmotoren ausgebildet, so daß sie in elektrischer Beziehung vier Motoren, und zwar zwei 18-poligen und zwei 6-poligen gleichwertig sind. Die Geschwindigkeit wird mittels Parallel- und Kaskadenschaltung geregelt. Letztere kann mit den beiden Hälften jedes Doppelmotors wie auch mit den beiden Doppelmotoren als Ganzes durchgeführt werden. Von den möglichen Schaltungen sind im Betriebe vier, nämlich die 48-, 36-, 24- und 18-poligen ausgenutzt, denen entsprechend die Lokomotive vier Geschwindigkeitsstufen hat. Zum Anlassen und zum Beschleunigen dient ein selbsttätig geregelter Wasserwiderstand. Infolge dieser selbsttätigen Regelung ist die Bedienung der Lokomotive äußerst einfach. Sie beschränkt sich auf die Handhabung eines einzigen Hebels, mittels dessen die zu einem großen Fahrschalter zusammengebauten Schützen unmittelbar betätigt werden.

Die Versuchsfahrten wurden auf dem 15.2 km langen Streckenabschnitt Budapest, Westbahnhof – Alag der früheren Hauptstrecke Budapest – Pozsony – Wien abgehalten. Die Streckenausrüstung, Abb. 2, wurde im Elektrisierungsamt der Staatsbahnen entworfen, in deren Werkstätten hergestellt und mit eigenen Mitteln aufgebaut. Die Anlage wird vom Kraftwerk der Hauptausbesserungswerkstatt Istvántelek mit Strom versorgt, zu welchem Zweck an eine Phase der dreiphasigen Sammelschienen ein 1000 kVA-Transformator angeschlossen ist. Der gewöhnlich in Betrieb befindliche Turbowechselstromerzeuger von 3500 kVA und 50 Per./s liefert daher den Bahnstrom gemeinsam mit dem Strom für Licht und Kraft der Werkstatt.

Die Lokomotive hat sich bei den zahlreichen mit Personenzügen von 300 bis 400 t und Lastzügen bis 1300 t Gewicht vorgenommenen Versuchen in jeder Beziehung gut bewährt. Besonders bemerkenswert ist das sanfte, gleichmäßige Anfahren mit schweren Güterzügen und von grundlegender Bedeutung die Tatsache, daß der Betrieb des verhältnismäßig kleinen Drehstromkraftwerkes durch die ihr unmittelbar angeschlossene einphasige Bahnlast nicht gestört, ja sogar, was den Leistungsfaktor anbelangt, ganz wesentlich verbessert wird.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß der neue Bahnbetrieb, obwohl aus der Forderung nach Speisestrom von 50 Per./s entstanden, keinesfalls an diese Frequenz gebunden ist. Im Gegenteil, es kommen alle seine in diesem kurzen Bericht nur flüchtig erwähnten Vorteile auch bei der für Einphasenbahnen üblichen niedrigen Periodenzahl ($16^2/_3$) voll zur Geltung und haben zur Folge, daß der Wirkungsgrad der Anlage erhöht, die Ausnutzung verbessert wird und daß andern Anordnungen gegenüber insbesondere in den Betriebskosten wesentliche Ersparnisse erreicht werden können. Für den praktischen Beweis der Richtigkeit dieser Folgerung kann man mit Spannung den Erfahrungen der österreichischen Bundesbahnen entgegensehen, die für ihre mit Wechselstrom von $16^2/_3$ Per./s betriebene Arlberglinie neben den gewöhnlichen Einphasenlokomotiven mit Reihenschluß-Kommutatormotoren auch zwei 2000 PS-Phasenumformer-Lokomotiven nach der Bauart von Kandó (eine 1 D 1-Schnellzug- und eine 0E0-Güterzuglokomotive) bestellt haben und noch im Laufe dieses Jahres in Dienst stellen werden. [B 173]

RUNDSCHAU.

Dampfkessel.

Vereinigung der Großkesselbesitzer.

Die Vortragsreihe über grundlegende Fragen der Speisewasserpflege, die von der Vereinigung der Großkesselbesitzer am 18. und 19. September 1925 im Anschluß an ihre Hauptversammlung in Darmstadt in Gegenwart einer zahlreichen Zuhörerschaft veranstaltet wurde, darf als eine außerordentlich wertvolle Zusammenfassung unseres heutigen Wissens auf diesem Gebiete bezeichnet werden. Sie war sicherlich auch ein sehr erwünschter Beitrag zu den Fragen des Zusammenhanges zwischen Speisewasser und Verhalten des Kesselbleches, die seit einer Reihe von Jahren in Kreisen der Dampfkesseltechnik eifrig erörtert worden sind.

Prof. Dr. Eitner, Karlsruhe, behandelte die kennzeichnenden Eigenschaften deutscher Rohwasser für Kesselspeisung, ihre gasförmigen, ihre leichtlöslichen und ihre schwerlöslichen Beimengungen, insbesondre auch die Schnelligkeit und die Menge der Aufnahme und die wichtigsten Unterschiede im Verhältnis dieser Beimengungen zueinander in verschiedenen Gegenden von Deutschland. Im Anschluß hieran zeigte Dr. Splittgerber, Wolfen, an der Hand der betreffenden chemischen Reaktionen die Wirkungsweise der bekannten Verfahren zum Reinigen des Kesselspeisewassers mit Kalk-Soda, mit Soda, mit Permutit, nach dem Neckarverfahren usw. Auf Grund einer Umfrage hat der Vortragende festgestellt, daß von den 2849 Kesseln der Vereinigung der Großkesselbesitzer noch 235 mit ungereinigtem und 249 mit filtriertem Rohwasser betrieben werden, während das Wasser bei 1562 Kesseln nach dem Kalk-Soda-Verfahren, bei 539 Kesseln nach dem Neckarverfahren und bei 235 Kesseln nach dem Permutitverfahren gereinigt wird. Die zulässige Menge an Kesselsteinbildnern hängt, wie der Vortragende mitteilt, von der Bauart des Kessels wesentlich ab. Während bei Wasserrohrkesseln noch fünf deutsche Härtegrade zulässig seien, dürfe man bei Steilrohrkesseln nur erheblich weniger Härte zulassen.

Obering. Pfadt, Bremen, berichtete sodann über einige auffallende Kesselschäden bei einer Anlage, deren Wasser nach dem Permutitverfahren gereinigt worden war. Es traten hierbei an den Flammrohren dünne, aber sehr dichte Überzüge von Kesselstein mit hohem Gehalt an Kieselsäure auf, die in zwei zeitlich weit auseinanderliegenden Fällen zu Einbeulungen der Flammrohre führten. Der Annahme des Vortragenden, daß das Kesselspeisewasser durchaus ordnungsgemäß behandelt worden sei, wurde aber in der Aussprache lebhaft widersprochen. Weitere Mitteilungen in der Aussprache befaßten sich mit Erfahrungen im Betriebe mit Speisewasser-Destillieranlagen und insbesondere mit elektrolytischem Kesselschutz nach dem bekannten Verfahren „Stromlos", für dessen Wirkungsweise man nach Mitteilungen von Pothmann, Griesheim, neuerdings durch planmäßige Versuche insofern eine Erklärung gefunden haben will, als diese Schutzwirkung elektrischer Ladungen der Kesselanlage wesentlich von dem Vorhandensein gewisser Pulsationen der Stromstärke, gleichviel ob von Gleichstrom oder von Wechselstrom, abhängt. Dr.-Ing. Reutlinger, Frankfurt, berichtete, es seien bis jetzt in Deutschland insgesamt 100 Anlagen dieser Art eingerichtet worden, wovon der größte Teil einwandfrei arbeite.

Die zweite Hälfte der Vortragsreihe, die den Baustoff betraf, leitete Prof. Bauer, Berlin-Dahlem, mit einem Rückblick auf ältere Versuche von Ledebour über den Einfluß von Wasserstoff auf Flußeisen ein. Nach seiner Ansicht sei in Anwesenheit von entstehendem Wasserstoff jederzeit eine Abnahme der Zugfestigkeit von Flußeisen zu erwarten, wobei Wasserstoff vom Eisen aufgenommen werde. Als zulässige untere Grenze des Wasserstoffgehaltes könnten hierbei 0,0002 vH gelten; bei gewöhnlichem molekularen Wasserstoff habe man dagegen selbst in den großen Gefäßen von 200 at Innendruck, in denen während des Krieges Wasserstoff für Luftschiffe befördert wurde, keinerlei schädliche Wirkungen nachweisen können. Die vorstehenden Angaben beziehen sich nur auf gewöhnliche Temperaturen. Bei höheren Temperaturen ist nach Heyn erhöhte Aufnahme von Wasserstoff zu erwarten. Da Nickel den Wasserstoff noch leichter als Flußeisen aufnimmt, so dürfte die Verwendung von Nickelstahl in dieser Hinsicht keine Vorteile bringen.

Prof. Baumann, Stuttgart, führte sodann an einer großen Anzahl von Beispielen das Verhalten von Flußeisen gegenüber konzentrierten Ätznatronlaugen in Eindampfapparaten vor. Seine Ausführungen dienten dazu, nachzuweisen, daß in allen Fällen, wo ein Angriff des Eisens durch die Laugen stattgefunden hatte, Verschlechterung der Festigkeitseigenschaften des Werkstoffes durch die voraufgegangene Bearbeitung angenommen werden könnte. In der Tat habe man auch bei verschiedenen von den vorgeführten älteren Unfällen Wärmespannungen der betreffenden Bauteile als Ursache der Brüche angesehen. Der Vortragende hielt aber doch auch für möglich, daß bei der Entstehung solcher Schäden ähnliche Erscheinungen mitgewirkt haben, wie man schon früher, z. B. an Messing, beobachtet hat, das nämlich, wenn man es an der Oberfläche mit Quecksilber bestreicht, sehr spröde wird. Die weitere Forschung müsse sich daher auch in der Richtung bewegen, zu prüfen, ob die heißen Laugen auf die Festigkeit des Eisens einwirken können, dessen Zusammensetzung, wie man vielfach beobachtet hat, hierbei auch von Einfluß sein kann. Im Zusammenhang hiermit werde man auch vielleicht der Frage der Kesselrisse näherkommen.

Prof. Thiel, Marburg, führte sodann in einem ausgezeichneten Vortrag das vorläufige Ergebnis seiner Untersuchungen über die Frage der Konzentrierung von Kesselspeisewasser in Nietnähten vor. Nach dem bisherigen Ergebnis seiner Versuche scheint es nicht ausgeschlossen, daß unter gewissen Voraussetzungen in solchen feinen Spalten Konzentrationen von 65 vH bei Kalilauge und von 77,5 vH bei Natronlauge auftreten können. Die Einwirkung so hoch konzentrierter Laugen auf Flußeisen behandelte der Vortragende insofern von einem ganz neuen Gesichtspunkt, als er von der Möglichkeit sprach, daß aus den Laugen Natrium oder Kalium unmittelbar in das Flußeisen übergehen könne, wobei Wasserstoff frei werde. Daraus könnte man sich manche Verschlechterung des Flußeisens in Anwesenheit von Laugen erklären, weil entstehender Wasserstoff 10^6 mal stärker chemisch angreifend wirke als molekularer Wasserstoff. Die Versuche sind aber noch lange nicht abgeschlossen.

Von den zahlreichen weiteren Beiträgen zur Aussprache über die ganze Vortragsreihe sei noch der von Dir. Rösing, Düsseldorf, erwähnt. Dieser zeigte an der Hand sehr gut gelungener Schliffbilder, wie die Rostbildungen besonders in solchen Nietverbindungen vorschreiten, die von vornherein nicht vollkommen dicht geschlossen waren, und in die daher das Kesselwasser eindringen konnte, und daß auch an solchen Stellen durch Frysche Linien die Verschlechterung der Festigkeitseigenschaften des Bleches und sogar das Auftreten von Rissen nachzuweisen sei. Ausdrücklich betonte aber der Vortragende, die Aufgabe sei, festzustellen, welche Erscheinung tatsächlich zuerst auftrete, nämlich das Eindringen von Kesselwasser in die Nietnaht oder die Verschlechterung der Blechfestigkeit. Diese Frage sei aber noch nicht entschieden. Wie Hr. Holle, Düsseldorf, mitteilte, ist er beauftragt, weitere Versuche auch nach dieser Richtung hin auszuführen.

Man darf es vielleicht hier aussprechen, daß dieser Ausgang der Aussprache über die oft erörterte Streitfrage bei der Mehrzahl der Teilnehmer volle Befriedigung ausgelöst haben dürfte. Ebensowenig wie man ernstlich behaupten kann, es bestände nicht wenigstens ein gewisser Zusammenhang zwischen den gesteigerten Drücken und Temperaturen in unsern Kesselbetrieben und dem vermehrten Auftreten von Rißbildungen, namentlich in den Nietnähten, ebenso hat sich insbesondere bei dieser Aussprache ergeben, daß unter solchen Verhältnissen Wärmestau und chemischer Angriff durch die Bestandteile des Speisewassers bei diesen Erscheinungen eine wichtige Rolle spielen dürften. Für Unvoreingenommene ergibt sich daraus die zwingende Notwendigkeit des Zusammenarbeitens aller beteiligten Kreise an der Bekämpfung der Einflüsse, die technische Fortschritte im Dampfkesselbau behindern könnten. [N 965] Dr. Heller.

Elektrotechnik.

Kleinhängeisolatoren für Mittelspannungsnetze.

Während die Sicherheit gegen Isolatorstörungen bei den Hochspannungsleitungen, d. h. für Spannungen über 35 bis 40 kV, bei Verwendung von mehrteiligen Hängeketten als Isolatoren bei dem heutigen Stande der Isolatorentechnik nach Überwindung anfänglicher Schwierigkeiten ziemlich groß zu nennen ist, machen die Mittelspannungsnetze von 10 bis 35 kV mit Stützisolatoren trotz gewisser Fortschritte große Schwierigkeiten. Diese bestehen darin, daß die Stützer nach einer gewissen Zahl von Jahren (5 bis 8) zunächst im äußeren Scherben die gefürchteten „Kopfrisse" bekommen und, wenn sie nicht rechtzeitig ausgewechselt werden, bei gelegentlich auftretender Erhöhung der Beanspruchung durch Überspannungen oder Sprungwellen durchschlagen, so daß infolge des großen Erdschlußstromes der Mittelspannungsnetze schwere Betriebstörungen entstehen.

Infolgedessen ist aus den Kreisen der Überlandwerke die dringende Forderung nach Hängern für Mittelspannungen von 15 bis 35 kV erhoben worden[1]). Als Vorteile von Hängern gegenüber Stützern wird folgendes angeführt:

1. Die gleichmäßige Herstellung der Einzelglieder ist leichter;
2. bei Zerstörung einzelner Glieder tritt noch kein Erdschluß auf;
3. einzelne zerstörte Glieder können schnell und leicht ausgewechselt werden;

[1]) A. Rachel, Stützer oder Hänger? Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke Nr. 360 Mai 1924.

Abb. 1. Zweigliedrige Kette aus Kleinhänge-Isolatoren mit Hängeklemme. Betriebsbelastung 2000 kg. Mittlere Bruchlast 3000 kg.
Gesamtlänge: bei 1 Glied 197 mm
„ 2 Gliedern 297 mm
„ 3 „ 397 mm.

Abb. 2. Kugelkopfisolator der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H.

Abb. 3. Doppelkappenisolator der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H.

Abb. 4 und 5. Hängeklemme für 16 bis 95 mm² Leitungsquerschnitt

Abb. 6. Kleinhängeisolator „Simplex" von Ph. Rosenthal & Co.

4. die einzelnen Glieder können im Betrieb nachgeprüft werden;
5. bei Leitungsbruch ist die Gefährdung der Maste infolge des Einschwenkens der Kette in Zugrichtung geringer;
6. durch Vermehrung der Gliederzahl lassen sich besonders gefährdete Punkte entlasten, oder die Betriebspannung läßt sich erhöhen;
7. Überbrückung durch Fremdkörper (Vögel, Zweige u. a.) ist nicht möglich;
8. bei Neubauten lassen sich große Spannweiten anwenden.

Da die Benutzung der bisherigen Bauarten von Hängern natürlich unwirtschaftlich wäre, sind von verschiedenen Porzellanfabriken neue Formen für Mittelspannungen ausgebildet worden. So zeigt Abb. 1 eine Kette aus Kleinhängern der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H.[1]), die für 10 bis 20 kV Betriebspannung zweigliedrig (Gesamtlänge 297 mm mit kurzem Klöppel) und für 20 bis 35 kV Betriebspannung dreigliedrig (Gesamtlänge 397 mm) ausgeführt wird. Mit entsprechenden Armaturen können dieselben Ketten auch als Abspanner benutzt werden.

[1]) Mitteilungen der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H. Heft 13.

Abb. 7. Abb. 8.

Abb. 7 und 8. Zweigliedrige Kette aus „Simplexisolatoren" für erhöhte Sicherheit.

Die einzelnen Glieder sind als Kugelkopfisolatoren, Abb. 2, ausgebildet, doch werden sie auch als Vaupel-Isolatoren mit denselben Abmessungen geliefert. Die Durchschlagspannung der einzelnen Glieder liegt über 100 kV. Die Überschlagspannung bei 1, 2 und 3 Gliedern beträgt 65, 100 und 135 kV trocken sowie etwa 25 bis 35, 40 bis 60 und 55 bis 90 kV bei Beregnung je nach der Leitfähigkeit des Wassers. Die Verwendung nur eines Gliedes ist nicht zu empfehlen.

Abb. 3 zeigt einen Doppelkappenisolator (Klein-Motorisolator) derselben Firma, der gegebenenfalls bei 10 bis 25 kV auch einzeln verwendet werden kann. Diese Form scheint besonders aussichtsreich zu sein, wie später noch begründet werden wird. Abb. 4 und 5 zeigen eine Hängeklemme (Seilklemme) für die oben beschriebenen Hängeisolatoren für 16 bis 95 mm² Leitungsquerschnitt. Die Bruchfestigkeit der Kleinhängeisolatoren beträgt 3000 bis 3500 kg, die Betriebsbelastung 2000 kg.

Abb. 6 zeigt den Kleinhängeisolator „Simplex" der Firma Ph. Rosenthal & Co., A.-G., für eine Betriebspannung von 10 bis 15 kV, der ebenfalls aus dem bekannten Motorisolator entwickelt ist. Zur Verkürzung der Baulänge und zum Vereinfachen des Einbaues und der Lagerhaltung ist hier die untere Kappe mit der Seilklemme zu einem Stück vereinigt und so ausgebildet, daß der Isolator als Hänger und Abspanner benutzt werden kann. Der Tellerdurchmesser beträgt 240 mm, die gewährleistete Bruchlast 4000 kg, der Überschlag unter Regen 50 kV. Nur an Punkten, an denen erhöhte Sicherheit gefordert wird, finden zweigliedrige Ketten nach Abb. 7 und 8 Verwendung.

Für die Spannungen bis 25, 35 und 45 kV schlägt die Firma die Benutzung der verschiedenen normalen Motorisolatoren mit Metallschirm vor[2]). Für diese werden 4000 kg Bruchlast und eine den genannten Spannungen entsprechende Überschlagspannung gewährleistet. Besondere Abspanner sind auch bei diesen Isolatoren nicht erforderlich, sodaß die Lagerhaltung vereinfacht wird, besonders dann, wenn bei Vorhandensein von Hoch- und Mittelspannungsnetzen gleiche Glieder und nur Ketten mit verschiedener Gliederzahl benutzt werden. Beachtenswert bei allen Motorbauarten ist der Umstand, daß sie weder mit normaler Frequenz, noch mit Hochfrequenz, noch mit Gleichstromstößen durchschlagen werden können. Sie gewinnen daher in neuerer Zeit immer mehr Bedeutung.

Naturgemäß ist eine Leitungsführung mit Hängern teurer als eine solche mit Stützern, so daß Hänger für minder wichtige Leitungen wohl nicht in Frage kommen. Sehr wichtig ist, daß die Möglichkeit besteht, vorhandene Mittelspannungsleitungen mit Stützern auf Holzmasten in solche mit Hängern umzubauen, was vorteilhaft dann geschieht, wenn das „kritische" Alter einer Leitung erreicht ist, und vorausgesetzt, daß das Gestänge noch verwendbar und es nicht vorteilhafter ist, zu Weitspannleitungen mit

[2]) Mitteilungen der Porzellanfabrik Ph. Rosenthal & Co. Heft 5.

Gittermasten überzugehen. Abb. 9 bis 11 zeigen verschiedene Formen der bei einem solchen Umbau verwendbaren Mastköpfe, die von der Elektro-Baugesellschaft m. b. H., Dessau, ausgebildet sind und von ihr ausgeführt werden. Die Druckschrift „Kleinhängeisolatorn" dieser Firma enthält beachtenswerte Gesichtspunkte für derartige Umbauten.
[M 587] Rei.

Übersicht über die deutschen Elektrizitätswerke.

Berichtigung. In der Mitteilung in Heft 36 S. 1164 sind bei den Braunkohlenwerken die Kraftwerke Fortuna I und II nicht aufgeführt worden. Wie bereits früher in dem Aufsatz „Die Elektrizitätswirtschaft des Rheinlandes" in Nr. 31 S. 1040 erwähnt, sind diese beiden Werke mit je 40 000 und 80 000 kW Maschinenleistung, die sich im endgültigen Ausbau bei Fortuna II noch auf 160 000 kW erhöht, zu den größten deutschen Elektrizitätswerken dieser Art zu rechnen. [N 961]

Abb. 9 bis 11. Ausführungsformen von Mastköpfen beim Umbau alter Leitungen. Mastköpfe der Elektrobaugesellschaft m. b. H. für den Umbau bestehender Leitungen.

Abb. 9. Abb. 10. Abb. 11.

Meßgeräte.

Wassersäulen-Feinmesser.

In einem Gasstrom ist der Geschwindigkeits- oder Staudruck $p_d = \frac{\gamma}{2g} w^2$ in kg/m² oder mm W.-S. Für atmosphärische Luft mit $\gamma = 1{,}226$ bei mittlerer Feuchtigkeit, 15° C, 760 mm Q.-S. und $2g = 19{,}62$ m/s² wird $p_d = \frac{1}{16} w^2$. Dies bedeutet für $w = 1$ m/s ein $p_d = \frac{1}{16}$ oder 0,0625 mm W.-S.

Man müßte also an einem der bekannten Mikromanometer bei Wasserfüllung eine Neigung von 1 : 16 einstellen, um an dem geneigten Meßrohr einen Ausschlag von 1 mm zu erhalten. Bei Neigungen unter 1 : 10 wird aber die Form der Flüssigkeitsoberfläche durch Kapillarwirkung und Oberflächenbeschaffenheit der engen Meßrohre, bei leicht siedenden Flüssigkeiten auch durch den hohen Ausdehnungsfaktor stark beeinflußt und dadurch die genaue Ablesung erschwert oder unmöglich gemacht. Man suchte daher schon immer nach einem Meßgerät, mit dem man die Meßgröße 1 mm W.-S. genau zu bestimmen vermag. Die Lösung dieser Aufgabe ist durch das Minimeter der Askania-Werke A.-G. in Berlin-Friedenau gegeben, das für den Höchstwert von 120 mm W.-S. Differenzdruck gebaut wird und mit bloßem Auge 1/20 mm, mit der angebauten Fernrohrlupe 1/100 mm W.-S. abzulesen gestattet.

Die Einrichtung des Minimeters ist gemäß Abb. 12 folgende: Das feststehende Meßgefäß *a* trägt rechts den Maßstab *m* und im Innern eine vergoldete Spitze *h* in gleicher Höhe mit dem Nullpunkt des Maßstabes. Mit *a* kommuniziert auf der drehbaren, mit absolut genauem Millimetergewinde versehenen Spindel *e* axial verschiebbar der an dem Meßrohr *a* geführte Wasserbehälter *b*. Die Gewindespindel trägt unten ein hundertteiliges Meßrad *c*. Um den Nullpunkt zu erhalten, stellt man durch Drehung der Kurbel *d*, durch die auch die Höhenlage des Wasserbehälters eingestellt wird, die Strichmarken des Meßrades und des Behälters auf null und füllt so lange Wasser nach, bis die vergoldete Spitze *h* eben aus dem Wasserspiegel austauchen will. Das Austauchen wird durch Fenster beobachtet, die in *a* angebracht sind, und zwar mit bloßem Auge oder durch das Einstellfernrohr *f*, wobei das Umkehrbild der Spitze von der Wasseroberfläche auf einen Spiegel geworfen wird. Berührt die Spitze *h* ihr Spiegelbild, so entspricht die Wasserfüllung dem eingestellten Nullpunkt.

Schließt man nun zu messenden Überdruck bei *i*, oder zu messenden Unterdruck bei *k* an, wird in beiden Fällen der Wasserspiegel in *a* sinken. Der Behälter *b* muß also so lange gehoben werden, bis die Spitze *h* wiederum ihr Spiegelbild berührt. Der Meßdruck ergibt sich dann aus dem am Maßstab abgelesenen in ganzen mm W.-S. zuzüglich den am Meßrad *c* abgelesenen Hundertteilen. Wiederholt man die Messung bei unverändertem Druck oder stellt den Nullpunkt bei abgeschaltetem Druck wieder ein, so beträgt die Abweichung höchstens etwa ± 1/100 mm, woraus sich je nach den Meßdruckgrößen die Fehlergrenzen der Messungen berechnen lassen.

Da das Meßrohr sehr weit gehalten ist, spielen Adhäsion und Oberflächenspannung keine Rolle; denn Ablesung und Spiegelung finden in einer bereits ebenen Flüssigkeitsfläche statt. Temperatureinflüsse sind bei den geringen Ausdehnungsziffern für Messing und Wasser so klein, daß Berichtigungen in den meisten Fällen unter 1/100 mm liegen werden. Auch die ungleiche Weite beider Meßgefäße ist belanglos, da die Messung stets von einem unveränderten Nullpunkt aus erfolgt. Der gemessene Druck wird also mit außerordentlicher Genauigkeit in Wassersäule ohne Umrechnung nach dem spezifischen Gewicht und ohne Neigungswechsel wie bei Mikromanometern ermittelt. Bei etwas schwankenden Drücken wird die starke Dämpfung durch den weiten Verbindungsschlauch beider Gefäße im allgemeinen ausreichend sein, sie kann durch Klemmen des Schlauches beliebig erhöht werden.

Nach eigenen Erfahrungen auf dem Prüfstand für Anemometer und Ventilatoren wird die Meßgenauigkeit mit dem Minimeter von keinem ähnlichen Meßgerät erreicht, da falsche Einstellung, Umrechnungsfehler oder andre Versehen durch die sinnfällige Bauart als Wassermanometer ausgeschaltet sind, auch Nacheichungen fortfallen. Neben der Meßsicherheit wird außerdem eine erhebliche Zeitersparnis bei Untersuchungen mittels Minimeter erreicht.
[M 194] Stach.

Abb. 12. Wassersäulen-Feinmesser der Askania-Werke, Berlin-Friedenau.

a Meßgefäß
b Wasserbehälter
c Meßrad
d Kurbel
e Spindel mit Millimetergewinde
f Einstellfernrohr
g Verbindungsschlauch zwischen *a* und *b*
h vergoldete Spitze
i, *k* Anschlußstellen
m Maßstab.

Kleine Mitteilungen.

Der Ausbau der kalifornischen Wasserkräfte.

Einen neuen großen Schritt im Ausbau der Wasserkräfte Kaliforniens bedeutet die vor kurzem erfolgte Inbetriebnahme des Werkes Pit River Nr. 3, mit dem das zweite Werk der geplanten 500 000 PS-Anlage am Pit-River vollendet ist. Drei Francisräder sind unmittelbar mit den Drehstromerzeugern von je 27 000 kVA gekuppelt. Die Turbinen arbeiten bei 225 Uml./min unter rd. 93 m Gefäll und haben je 66,3 m³/s Schluckfähigkeit. Nach dem Ausbau der gesamten Anlage wird das ausgenutzte Gefälle bei 9,6 km nutzbarer Flußlänge rd. 640 m betragen. Die Energie wird nach San Francisco durch eine 220 kV-Hochspannungsleitung übertragen. („Electrical World" 5. Sept. 1925 S. 455.) [N 966 a] Sd.

Ein neuer Brenner für Ölfeuerungen.

Für mit Öl gefeuerte Öfen ist von der Firma Oil Burners, Ltd., London, ein neuer Ölbrenner hergestellt worden. Der obere Teil des Brenners ist so ausgebildet, daß das Öl in einem schmalen Streifen über eine ausgezackte Lippe ausfließen kann, wodurch es gleichmäßig verteilt wird. In dem unteren Teil wird Dampf oder Druckluft (es genügt ein Druck von 1,4 at) durch rechtwinklig zu einander angeordnete Öffnungen gedrückt. Das über die ausgezackte Lippe fließende Öl wird von dem oberen Luftstrahl fein verteilt und an der Zusammenflußstelle der beiden Luftstrahlen fein zerstäubt; die sich bildende Ölwolke zieht unter dem natürlichen Zug des Ofens vorwärts. Das Öl verbrennt in einer großen, sehr wirksamen Flamme. Nicht filtriertes Öl, Rohöl, kann, da keine kleinen Öffnungen vorhanden sind, benutzt werden. Bei Dampfzufuhr ist eine Dampfmenge von 2 bis 5 vH der im Kessel erzeugten erforderlich. („The Engineer" 18. Sept. 1925 S. 304.) [N 966 b] Gw.

Das Motorfrachtschiff „Primero".

Um eine möglichst leichte Maschinenanlage und damit eine bedeutende Gewichtersparnis zu erhalten, haben Burmeister & Wain in Kopenhagen bei dem kürzlich in Dienst gestellten Motorgroßschiff „Perkeston" und neuerdings bei dem Frachtschiff „Primero" der Ivarans Rederi Akts., Oslo, kreuzkopflose, einfachwirkende Viertaktmaschinen mit 1150 PS_i Leistung bei 150 Uml./min eingebaut, die dem Schiff eine Geschwindigkeit von 10,5 Kn erteilen sollen. Das Schiff hat 112 m Länge, 16,3 m Breite, 7,3 m Tiefgang bei rd. 8000 t Ladung und 4414 B.-R.-T. Raumgehalt. Die beiden Hauptmaschinen haben sechs Zylinder von 500 mm Dmr. und 900 mm Hub. Drei Dieseldynamos von 2 × 33 und 1 × 66 kW Leistung sind vorhanden, der Kraftstrom hat 220 V, der Lichtstrom 110 V Spannung. Der Brennstoffvorrat beträgt 1075 t. Die fünf vorhandenen Ladeluken werden von zehn Ladebäumen bedient, sechs 3 t- und zwei 5 t-Winden mit elektrischem Antrieb sind vorgesehen. Die Mannschaft ist in der Poop in geräumigen, gut erleuchteten Kammern mit nur je zwei Betten untergebracht. Bei der Probefahrt wurden mit 2335 PS_i und 157,8 Uml./min 12,4 Kn erreicht. („The Engineer" 18. Sept. 1925 S. 293.) [N 966 c] W. S.

Zwei 26000 t-Fahrgastmotorschiffe im Bau.

Das Fahrgastmotorschiff „Aorangi" der Union Steam Ship Co. of New Zealand, von dem wir kürzlich berichteten[1]), wird nur noch beschränkte Zeit das Recht für sich in Anspruch nehmen dürfen, größtes und schnellstes Motorschiff der Welt zu sein.

In Italien ist Ende Mai im Auftrag der Cosulich-Linie eines der beiden großen, für den Eildienst Italien - Südamerika bestimmten Fahrgastmotorschiffe in Monfalcone auf Stapel gelegt worden. Mit 26 000 t Wasserverdrängung und 23 000 B.-R.-T. Raumgehalt werden diese Schiffe zwei neuerdings in England von der Royal Mail-Linie bestellte Motorschiffe noch um rd. 1000 B.-R.-T. übertreffen.

Das im Bau befindliche Motorschiff hat 192,5 m Länge zwischen den Loten, 24,2 m Breite und 14,2 m größte Raumtiefe. Zwei Dieselmaschinen, Bauart Burmeister & Wain, geben dem Schiff rd. 24 Kn Geschwindigkeit bei einer Leistung von 24 000 PS_i. Für die Lieferung elektrischer Energie zur Bedienung aller Hilfsmaschinen sind drei Motoren mit zusammen 2250 kW vorgesehen. In technischer Hinsicht verdient noch die Unterteilung des Schiffes in elf Räume durch zehn Querschotte Erwähnung, deren wasserdichte Türen von der Kommandobrücke aus durch eine hydraulische Schottenschließeinrichtung auf- oder zugeschoben werden können. Das Schiff faßt rd. 2500 Fahrgäste in drei Klassen und kann 9000 t Fracht befördern. [N 735] Kd. M.

Freie Schwingungen von Kraftwagen.

Man kann beim Kraftfahrzeug wie beim Schiff drei Schwingungsarten unterscheiden: 1) die weniger wichtigen Schwingungen um die Längsachse des Kraftfahrzeuges, entsprechend den Schlingerbewegungen, 2) Schwingungen in senkrechter Richtung, entsprechend den Tauchschwingungen und 3) Schwingungen um eine wagerechte Querachse, entsprechend den Stampfbewegungen beim Schiff. Zur Bestimmung der unter 2) genannten Schwingungen betrachtet man das System als einfaches Pendel, bei dem die Masse auf Federn ruht, die Pendellänge l ergibt sich dann aus der Federdurchbiegung und die Schwingungsdauer $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

Zur Bestimmung der Schwingungsvorgänge zu 3) legt man zwei Federn mit den Federkonstanten v und m zugrunde und zerlegt die Gesamtmasse M des Systems in zwei Massen

$$M_1 = \frac{a_1}{a_1 + a_2} M \quad \text{und} \quad M_2 = \frac{a_2}{a_1 + a_2} M,$$

die man auf der durch den Systemschwerpunkt G gelegten Längsachse so verteilt, daß das Produkt der Abstände a_1 und a_2 der Massen M_1 und M_2 von G gleich dem Quadrate des Trägheitshalbmesser k von M ist. Die Schwingungen in diesem System sind die gleichen wie in dem zugrunde liegenden Kraftfahrzeug. (Prof. James J. Guest, „Engineering" 18. Sept. 1925 S. 367.) [N 966 d] W. S.

Zur Frage der radlosen Beförderungsmittel.

Bei wirtschaftlicher Beförderung von Frachten in größeren Mengen innerhalb der wenig entwickelten und dünn bevölkerten Länder muß in der Regel die Anlage eines Schienenweges oder teurer Landstraßen vermieden werden. Träger, Packtiere und von Tieren gezogene Lastwagen kommen wegen ihrer zu geringen Leistungsfähigkeit ebenfalls nicht in Betracht. Das Richtige sind hier leichte oder schwere Motorfahrzeuge (bis 200 t Nutzlast) mit Raupenantrieb. Leichtere Bauarten sind bereits in verschiedenen guten Ausführungen vorhanden. Der Bodendruck der Raupe soll unter mittleren Verhältnissen etwa 1,7 kg/cm² betragen. Die Frachtkosten betragen bei diesen Fahrzeugen durchschnittlich bei 2 bis 5 t Nutzlast etwa 0,45 bis 0,6 ℳ/tkm, bei 5 bis 20 t etwa 0,23 bis 0,45 ℳ/tkm und bei 20 bis 200 t etwa 0,12 bis 0,23 ℳ/tkm. („Engineering" 11. Sept. 1925 S. 337.) [N 966 e] G.

Toleranzen von Zahnrädern.

Die Abweichungen der Zahnabmessungen von der theoretischen Form werden zweckmäßig nicht mit einem Meister-Zahnrad, sondern mit einer Meister-Zahnstange geprüft.

Bei Stirnrädern und Zahnstangen soll die Toleranz gemessen werden als Betrag der Abweichung von dem theoretischen Achsenabstand, wenn die Räder fest ineinander gelegt werden. Für Kegelräder läßt sich eine gleich einfache Größe nicht festlegen.

Drei Zahlentafeln sind aufgestellt worden, in denen die als zulässig erachteten Werte der Abweichung für gehärtete und geschliffene Räder großer Geschwindigkeit, für geschnittene, aber nicht gehärtete Räder und für Räder weniger großer Genauigkeit angegeben werden. („American Machinist" 19. Sept. 1925 S. 267.) [N 966 f] A.

Die Ausbildung der Schweiß-Handwerker.

Die dringende Aufgabe, brauchbare und zuverlässige Schweißer heranzubilden, veranlaßt große amerikanische Firmen, eigene Schweißerschulen einzurichten. Dabei wird in erster Linie auf die Erziehung der Handwerker zur Beachtung der Arbeitssicherheit hingewirkt. Die Werkstätten werden in solche Räume gelegt, in denen weder Öl noch Fett mit den Sauerstoff-Zylindern in Berührung kommen kann. Die Lehrgänge für autogenes Schweißen sind zum Teil von denen für elektrisches Schweißen getrennt. („American Machinist" 19. Sept. 1925 S. 275.) [N 966 g] A.

Austenitstähle.

John A. Mathews hat festgestellt, daß in Wasser gehärtete Stähle ein geringeres spezifisches Gewicht haben als in Öl gehärtete. Auf seine Veranlassung hat E. C. Bain Röntgenuntersuchungen von Chromstählen (0,81 vH C, 2,91 vH Cr), die nach verschiedenen Verfahren abgeschreckt worden waren, durchgeführt. Es wurde beobachtet, daß die ölgehärtete Probe mehr γ-Eisen enthält als die wassergehärtete; die Gesamtmenge des γ-Eisens schwankt zwischen 6 und 10 vH. Im Zusammenhang damit untersuchte Lucas beide Stähle bei 3000facher Vergrößerung. Nach dem Kochen in Natriumpikrat konnte auf Martensit, Karbide und Austenit geschlossen werden. Eine Wirkung flüssiger Luft wurde nicht beobachtet, was nach dem Verfasser auf die geringe Menge Austenit zurückzuführen ist. („Engineering" 18. Sept. 1925 S. 368.) [N 966 h] Wf.

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 449.

BÜCHERSCHAU.

Die Beleuchtung von Eisenbahnpersonenwagen. Von Dr. Max Büttner. 3. verm. u. verb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 207 S. m. 120 Textabb. Preis 12 ℳ.

Das in Fachkreisen wohlbekannte Werk trägt in seiner neuen Auflage den in letzter Zeit besonders auf dem Gebiete der elektrischen Zugbeleuchtung gemachten wichtigen Fortschritten Rechnung. Seit seinem letzten Erscheinen im Jahre 1912 sind manche Kapitel von Grund auf umgearbeitet und veraltete Bauarten zugunsten neuer Konstruktionen zurückgetreten.

Im ersten kleineren Teil ist die Beleuchtung mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen behandelt. Bemerkenswert ist hier besonders die Einführung des erhöhten Brenndruckes für hängendes Glühlicht (1500 mm W.-S.). Das Ölgas, das während der Kriegsnöte durch Steinkohlengas ersetzt wurde, wird neuerdings wieder eingeführt.

Der zweite weitaus größte Teil des Buches beschreibt die verschiedensten Möglichkeiten der in immer größerem Umfange zur Einführung gelangenden elektrischen Zugbeleuchtung. Hier unterscheidet man einmal die reine Akkumulatorenbeleuchtung mit Blei- oder Edisonbatterien, die außerhalb der Wagen geladen werden, ferner Anlagen mit Laden der Batterie im Wagen als geschlossene Zugbeleuchtung und Einzelwagenbeleuchtung. Dann folgt die Beleuchtung mit Maschinen, die von besonderen Antriebmaschinen auf der Lokomotive oder im Packwagen angetrieben werden oder deren Antrieb von einer Wagenachse erfolgt. Obwohl die geschlossene Zugbeleuchtung die weitaus billigere ist, ist doch die Einzelwagenbeleuchtung wegen der Freizügigkeit der Wagen, insbesondere für den internationalen Verkehr, wichtiger. Die verschiedenen Zugbeleuchtungsarten sind unter Wahrung größter Sachlichkeit behandelt. Empfehlenswert wäre es vielleicht, verwandte Anordnungen zusammenzufassen und hiernach eine Einteilung zu treffen.

Die im letzten Teil aufgestellten vergleichenden Kostenberechnungen der einzelnen Beleuchtungsarten erinnern mit ihren großen Zahlenwerten an die Zeit der Inflation und wären zweckmäßig in Goldmark umzurechnen. Vielen, die jetzt mit der Einführung der elektrischen Zugbeleuchtung beschäftigt sind, wird das Buch wertvolle Dienste leisten.

[E 482] W. Ebel.

Automobiltechnisches Handbuch. Von Richard Bussien. 11. Aufl. Berlin 1925, M. Krayn. 1106 S. mit 1050 Abb. Preis 24 ℳ.

Das bekannte Handbuch stellt sich in der neuen Auflage in wesentlich vergrößertem Format dar, wodurch Zeichnungen und Text an Deutlichkeit gewonnen haben. Der Kreis der Mitarbeiter ist um einige gute Namen bereichert worden. Der Stoff ist wie früher in 6 Teile gegliedert: Teil I: Baustoffe und ihre Prüfung, Kraftstoffe, Schmiermittel, Normen, Zahnräder, Ketten und Kettenräder, Kugel- und Rollenlager. Teil II: Bezeichnungen, grundlegende Berechnungen, Kraftfahrzeugorgane. Teil III: Motoren. Teil IV: Licht- und Anlasseranlagen, Geschwindigkeitsmesser. Teil V: Wirtschaftsrechnung. Teil VI: Fahrzeuge für Sonderzwecke, Motorräder, Bootsmotoren, Motorpflüge, elektrische Wagen.

Die Stärke des Buches liegt in der großen Zahl der Abbildungen, die textliche Behandlung des Stoffes ist sehr verschieden. Wertvollen und sachlich einwandfreien Abschnitten stehen andere gegenüber, die hauptsächlich katalogmäßige Beschreibungen enthalten. Nicht befriedigen können insbesondere die rechnerischen Abschnitte, was Umfang und Behandlung anbetrifft.

Mit p_m ist z. B. in der Gleichung für die Berechnung der Motorleistung (S. 475) der mittlere effektive Druck gemeint, während in der daneben stehenden Abbildung der indizierte Druck mit dem gleichen Buchstaben bezeichnet ist. Die Angaben über die gebräuchlichen Verdichtungsverhältnisse auf S. 476 oben widersprechen den Angaben auf derselben Seite weiter unten. Über die Frage des Druckwechsels im Triebwerk, über die Bestimmung der mittleren Drücke zur Berechnung der Lagerreibungsarbeit, über die Nachprüfung der Ventilfedern mit Hilfe der Ventilbeschleunigungskurven und andere wichtige Einzelheiten wird kein Wort gebracht. Bei der graphischen Darstellung der Massendruck-Kurven ist nicht angegeben, daß als Abszissen die Kurbelwinkel und nicht, wie sonst meist üblich und für die Konstruktion des Überdruckdiagramms vorteilhaft, die Kolbenwege aufgetragen sind. Raum für eine erweiterte und gründlichere Behandlung der Berechnungen wäre durch Ausschaltung der überflüssigen, in jedem Katalog enthaltenen Beschreibungen und Tafeln mit Leichtigkeit zu beschaffen. Besonders wünschenswert wären Gewichtsangaben über die einzelnen Teile des Fahrzeuges, damit der Konstrukteur Vergleichzahlen zur Beurteilung seiner eigenen Konstruktionen findet. Der kurze Abschnitt über die Wirkungsgrade ist durchaus verfehlt und stört durch die ganz ungewöhnlichen Bezeichnungen (P für Leistung, E, noch dazu in mkg/s, für das mechanische Wärmeäquivalent usw.). Unangenehm fällt auch der Druck der Berechnungen auf; z. B. sind die Zeiger nicht tief gestellt, sondern wie Faktoren gesetzt. Leider ist auch das alphabetische Inhaltverzeichnis der früheren Auflagen in der neuen Auflage ganz weggefallen, was bei der ohnedies nicht glücklichen Gliederung des Stoffes die Verwendung des Handbuchs erschwert.

Durch gründliche Neubearbeitung, insbesondre der theoretischen Abschnitte, würde das Buch seiner großen Verbreitung im In- und Auslande besser gerecht werden. [E 766]

Dr.-Ing. W. Friedmann.

Adreß- und Export-Handbuch der Maschinen-, Metall- und elektrotechnischen Industrie. 2. Ausg. 1925—1926. Bearb. von Herbert Loesdau. Berlin 1925, Ala-Anzeigen-Gesellschaft, A.-G. Etwa 1350 S. m. versch. Abb. u. Karten. Preis 40 ℳ.

Dieser vierte Band der Ala-Industrie-Adreßbücher des Deutschen Reiches ist ein umfassendes Bezugsquellenverzeichnis in zehn Sprachen. Dr.-Ing. Kurt Sorge, M. d. R., Ehrenvorsitzender des Reichsverbandes der Deutschen Industrie, schrieb das Geleitwort. Etwa 45 000 Firmen der Maschinen-, Metall- und elektrotechnischen Industrie Deutschlands sind aufgeführt. Nach zuverlässigen und amtlichen Quellen bearbeitet, enthält das Werk ein nach Namen und Orten zusammengestelltes Firmenverzeichnis mit Angabe des Aufsichtsrates, der kaufmännischen und technischen Vorstandsmitglieder, Telegrammadresse, Postschecknummer usw. Ein Verzeichnis der Deutschen Handelskammern und der Deutschen Konsulate im Ausland und der nach Fachgruppen geordneten Wirtschaftsverbände ergänzen dieses Nachschlagebuch, dessen Wert durch mehrere Beiträge wirtschaftlicher Art von Führern der Fach- und Wirtschaftsgruppen noch gewinnt. [E 906]

Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei. Hrsg. v. C. Geiger. Bd. I, 2. erw. Aufl.: Grundlagen. Berlin 1925, Julius Springer. 661 S. m. 278 Abb. Preis 59,50 ℳ.

Die elastischen Platten. Von A. Nadai. Berlin 1925, Julius Springer. 326 S. m. 187 Abb. Preis 24 ℳ.

Praktische Winke für Zement und Beton. Von Peter May. Berlin 1925, Wilhelm Ernst & Sohn. 122 S. m. 18 Abb. Preis 6 ℳ.

Maurer- und Steinhauerarbeiten III. Von Wilhelm Becker. Berlin und Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 141 S. m. 128 Abb. Preis 1,25 ℳ. (Sammlg. Göschen Bd. 421.)

Die Leuchtgas-Industrie. Von Arthur Fürth. Berlin und Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 132 S. m. 50 Abb. Preis 1,25 ℳ. (Sammlg. Göschen Bd. 907.)

Die Geburt der modernen Mathematik. II. Die Infinitesimalrechnung. Von Heinrich Wieleitner. Karlsruhe i. B. 1925, G. Braun, G. m. b. H. 72 S. Preis 1 ℳ. (Wissen u. Wirken. Von E. Ungerer. Bd. 13.)

Angewandte darstellende Geometrie. Von Karl Keiser. Berlin 1925, Julius Springer. 159 S. m. 187 Abb. Preis 5,70 ℳ.

Jahrbuch der organischen Chemie. Von Julius Schmidt. Jg. XI: Die Forschungsergebnisse und Fortschritte im Jahre 1924. Stuttgart 1925, Wissenschaftl. Verlagsges. m. b. H. 287 S. Preis 25 ℳ.

Handbuch der Mineralchemie. Hrsg. v. C. Doelter u. H. Leitmeier. Bd. III, Abt. 11: S. 641 bis 800, Abb. 49 bis 73. Preis 7,50 ℳ. Bd. IV, Abt. 2: S. 161 bis 320, Abb. 20 bis 27. Preis 7,50 ℳ. Dresden und Leipzig 1925, Theodor Steinkopff.

Theoretisches aus dem Waggonbau. Von Ernst Kreissig. Leipzig 1925, Bruno Volger. (Verkehrstechn. Bücherei Bd. 1.) 3. Aufl. 228 S. m. 183 Abb. Preis 10 ℳ.

Die Problematik des wirtschaftlichen Prinzips. Von Hermann Halberstaedter. Berlin und Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 90 S. Preis 2,50 ℳ. (Sozialwissenschaftliche Forschung Abt. III H. 3.)

Elektrotechnikers Notiz-Kalender 1925/26. Herausg. v. K. Wernicke. 30. Jg. Altenburg 1925, Fr. Otto Müller. 200 S. m. zahlr. Abb. Preis 3 ℳ.

Baumaterialien für Radio-Amateure. Von Felix Cremers. Berlin 1925, Julius Springer. 93 S. m. 10 Abb. Preis 1,80 ℳ. (Bibliothek d. Radio-Amateurs 16.)

Bericht über die Hauptversammlung der Vereinigung der technischen Oberbeamten Deutscher Städte in Münster vom 14. bis 17. September 1924. Berlin 1925, Carl Heymann. 225 S. Preis 5 ℳ.

Die Fabrik- und Warenzeichen der verarbeitenden Eisen- und Metallindustrie von 1894 bis 1924. Bd. 3. Hrsg. v. Erich Beltz. Remscheid 1925, Bergisch-Märkische Verlagsanstalt. 300 S. Preis 6 ℳ.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Ist alkalische Reaktion des Kesselwassers für das Kesselblech schädlich?

Unter dieser Überschrift hat in dieser Zeitschrift Bd. 69 (1925) S. 939 Dr. Splittgerber einen kurzen Artikel veröffentlicht, zu dem folgendes zu bemerken ist: Zunächst muß der Angabe, daß destilliertes Wasser chemisch als Säure aufzufassen sei, widersprochen werden. Kohlrausch hat 1894 die Leitfähigkeit von destilliertem Wasser bestimmt und ist zu einem so unendlich kleinen Werte gelangt, daß man destilliertes Wasser als elektrischen Nichtleiter bezeichnen muß. Wenn man aus der Leitfähigkeit des destillierten Wassers seinen Dissoziationsgrad berechnet, so findet man, daß erst in 12½ Mill. Litern 1 g Wasserstoffionen und 17 g Hydroxylionen enthalten sind. Wegen der Anwesenheit von 1 g Wasserstoffionen in 12½ Mill. Litern kann man dem destilliertem Wasser keinen Säurecharakter zusprechen. Ebenso könnte man das Gegenteil behaupten, daß nämlich destilliertes Wasser eine äußerst schwache Base sei, weil in 12½ Mill. Litern 17 g Hydroxylionen enthalten sind.

Die weiter in der Praxis oft vertretene Ansicht, daß alkalische Lösungen unbedingt Rostschutz gewähren, ist ebenfalls unrichtig. In schwach alkalischen Lösungen rostet Eisen ohne weiteres. Steigt die Konzentration auf über 1 g NaOH in 1 l, so kann unter gewissen Bedingungen Rostschutz vorhanden sein. Diese Bedingungen sind: gewöhnliche Temperatur und Abwesenheit von Chloriden. Sind aber Salze in größerer Menge vorhanden, so rostet Eisen auch in stärker alkalischen Lösungen. Beim Kesselbetrieb kann man also durch alkalisches Speisewasser keinen Rostschutz erzielen. Will man Anfressungen an Rohrleitungen, Vorwärmern und Kesseln verhindern, so muß das Kesselspeisewasser folgenden Anforderungen genügen:

1. Es muß frei sein von kesselsteinbildenden Kalk- und Magnesiumsalzen.
2. Es darf keine löslichen Natriumsalze wie Natriumchlorid, Natriumsulfat, Soda usw. enthalten.
3. Es muß frei sein von Sauerstoff und Kohlensäure.

Kurz zusammengefaßt, muß chemisch reines Wasser verwendet werden. Das Kondensat aus Oberflächenkondensatoren genügt den Bedingungen 1 und 2. Um es von gelöster Luft vollständig zu befreien und um die im Kreislauf des Wassers entstehenden Verluste zu ersetzen, kann man folgendes Verfahren anwenden: Das Zusatzwasser wird in einem Verdampfer destilliert und der erzeugte Dampf in einem Mischvorwärmer im Kesselspeisewasser niedergeschlagen. Der Mischvorwärmer wird unter einer Luftleere gehalten, die dem Siededruck des vorgewärmten Speisewassers entspricht. Dadurch werden die im Wasser gelösten Gase bis auf Spuren ausgeschieden. Das vorgewärmte Wasser fließt aus dem hochgelegenen Mischvorwärmer den Speisepumpen unmittelbar zu. Auf diese Weise wird die Wiederaufnahme von Luft verhindert; Anfressungen und sonstige Schädigungen der Kesselanlage durch das Speisewasser sind dann vollkommen ausgeschlossen. [D 778]

Bremen. Dr.-Ing. W. Nover.

Auf die Ausführungen von Dr. Splittgerber in Nr. 28 d. J., die gelegentlich der Hauptversammlung der Vereinigung der Großkesselbesitzer in Darmstadt noch ausführlicher erörtert werden sollen, möchte ich zur Aufklärung derjenigen Firmen, welche ihre Hoch- oder Höchstleistungskessel mit Destillat und Kondensat speisen, meine langjährigen Erfahrungen auf diesem Gebiete dahingehend äußern, daß bei richtig vorbereitetem Destillat und Kondensat der Zusatz von Ätznatron oder Soda unzweckmäßig ist.

Richtig vorbereitetes Destillat und Kondensat, das von schädlichen Gasen befreit und gasfrei in die Kessel eingespeist wurde, hat keinerlei anfressende Wirkung auf Kesselblech. Anders steht es mit gashaltigem Destillat oder Kondensat; dieses kann sehr schädliche Wirkungen auslösen, mit deren Beseitigung sich die Praxis schon seit Jahren mit bestem Erfolge befaßt hat.

Ich halte es für unzweckmäßig, ein an sich tadelloses Speisewasser, das ich als Edelspeisewasser bewerte, mit den von Dr. Splittgerber angegebenen Mengen von Alkali zu versetzen. Für diese Zusätze könnte ich nur in Ausnahmefällen eintreten, zum Beispiel wenn größere Mengen von Rohwasser Zutritt zum Kesselwasser gefunden haben, die man auf diese Weise unschädlich machen will, um so bis zur Abstellung des Mangels eine Sicherheit zu haben. Nach den zurzeit in Arbeit befindlichen Prüfungen scheint es unzweckmäßig, mit stark alkalischen Rückständen im Kessel zu arbeiten.

Destilliertes Wasser an sich ist nicht gefährlich, wenn es gasfrei und in der Verfassung ist, wie es für den praktischen Betrieb hergestellt wird. Bei jedem derartigen Wasser beträgt der Abdampfrückstand von 1 l mindestens 10 bis 15 mg. Dieser Rückstand genügt, um jeden Angriff des Destillates bei Abwesenheit von Gasen auszuschalten, da das Wasser bereits gesättigt ist. Bei reinstem Destillat, das man aber im Großbetriebe gar nicht herstellen kann, trifft das allerdings nicht zu; dieses hat immerhin eine, wenn auch nur geringe, Lösungsfähigkeit für Eisen.

Verwendet man Destillate der Praxis, so tritt nach einiger Zeit eine feine, milchige Trübung des Kesselwassers ein; diese wird durch äußerst feine, bakteriengroße Kalknädelchen hervorgerufen, die auch in der Ruhe tagelang in der Schwebe bleiben, bis sie zu Boden sinken, aber im Betriebe weder Schlamm noch Ansatz ergeben; auch die Härte bleibt nach einiger Zeit gering und unverändert und nimmt nicht mehr zu.

Düsseldorf. August Holle.

Entgegnung.

Zu vorstehenden Ausführungen habe ich zu bemerken: Der Inhalt der Noverschen Mitteilung ist ein verkürzter Auszug ähnlicher Ausführungen, die er unter der Überschrift „Verwendung von Wässern für industrielle, insbesondere Kühl- und Kesselspeisezwecke" im vorigen Jahre in der Zeitschrift „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 67 (1924) S. 755 veröffentlicht hat, die aber sofort von Dr. Bamberg in einer ganz umfassenden Entgegnung, „Praktische Erfahrungen über das Verhalten der in Wässern gelösten Gase und Salze und ihr gegenseitiges Abhängigkeitsverhältnis bei der Wasseraufbereitung", wirkungsvoll zurückgewiesen worden sind, vergl. „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 67 (1924) S. 756, 775.

Schon die physikalische Chemie lehrt, daß jeder Stoff, der Wasserstoffionen bildet, als Säure gilt, wobei die Art der gleichzeitig gebildeten Anionen keine Bedeutung hat, und daß außerdem Wasser bei höherer Temperatur ein viel stärkerer Elektrolyt als bei gewöhnlicher Temperatur ist. So hat z. B., wie Prof. Dr. Thiel, Direktor des Physikalisch-chemischen Instituts der Universität Marburg, mir freundlichst mitgeteilt hat, reines destilliertes Wasser bei 200° (Kesseltemperatur) eine Wasserstoffionenkonzentration nach Sörensen von 5,7 und ist dementsprechend ebenso stark sauer wie eine $^1/_{10}$ n-Essigsäure, die essigsaures Natrium in der Konzentration 1,0 n enthält, bei gewöhnlicher Temperatur, während der Neutralpunkt bei 7 liegt; für die von mir angegebene Lösung von 0,4 g/l Natronlauge beträgt die Sörensen-Stufe 12,1 bei 20° und noch 9,4 bis 200°.

Den Ausführungen des Herrn Holle kann ich gleichfalls nicht zustimmen: reines Destillat oder Kondensat ist kein „Edelspeisewasser" in dem Sinne, daß es Eisen nicht angreift.

Wolfen. [D 778] Dr. Splittgerber.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag. G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 10. OKTOBER 1925 NR. 41

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1312.

Das neuzeitliche Elektrizitätswerk[1].

Von G. Klingenberg, Berlin.

An der Hand eines Entwurfes für das nach den Plänen des Verfassers im Bau begriffene Großkraftwerk Rummelsburg in Berlin werden die leitenden Gesichtspunkte für die Bearbeitung solcher Entwürfe besprochen, wie die Wahl des Dampfdruckes, Anwendung von Zwischenüberhitzung und Anzapfdampf-Vorwärmung sowie die Frage der Kohlenstaubfeuerung.

Entwurf für das Großkraftwerk Berlin-Rummelsburg, Ansicht von Süden.

Der Entwurf einer Großkraftanlage steht in so engem Zusammenhange mit der Entwicklung der Technik, daß sie in jedem Zeitpunkte nur nach deren zufälligem Stande beurteilt werden kann. Da der Fortschritt der Technik auf allen Gebieten, insbesondere auf dem wärmetechnischen, gerade in den letzten Jahren außerordentlich rasch war, so ist es durchaus nicht gesagt, daß das, was man heute für richtig hält, in fünf oder zehn Jahren noch zutreffen wird. Man erkennt dies am klarsten, wenn man rückblickend die heutigen Entwürfe mit denen vergleicht, die vor einigen Jahren entstanden sind. Wenn ich also das, was ich über den Kraftwerkbau in Deutschland nachstehend zu sagen habe, hiermit bekanntgebe, so bitte ich, diese Gesichtspunkte dabei nicht außer acht zu lassen. Ich halte es durchaus nicht für ausgeschlossen, daß ich selbst meine heutigen Entwürfe vielleicht schon in kurzer Zeit verändern muß.

Es trifft sich glücklich, daß ich in der Lage bin, durch den Bau des Großkraftwerkes Rummelsburg in Berlin, s. a. Abb. 1, diesen Ansichten auch einen praktischen Hintergrund zu geben. Die Grundsätze, die ich nachstehend entwickeln werde, sollen sämtlich bei diesem Werke zur Anwendung gelangen. Die Anlage wird in ihrer endgültigen Gestalt eine Leistung von 500 000 bis 600 000 kW haben. Zunächst werden drei Hauptmaschinen von je 70 000 kW (im Dampfteil je 100 000 PS) und drei Vorwärmturbinen von je 10 000 kW aufgestellt.

[1] Die gleiche Arbeit wurde der amerikanischen Zeitschrift „Electrical World" auf deren Ersuchen zur Verfügung gestellt.

Dampftemperatur und Dampfdruck.

Von wesentlichstem Einfluß auf die Gestaltung zeitgemäß ausgebildeter Großkraftwerke ist die Wahl der Dampftemperatur und des Dampfdruckes. Während man noch bis vor kurzem eine Dampftemperatur von 350 ° C an der Dampfturbine nur ausnahmsweise überschritt, hält man jetzt in Verbindung mit der Wahl geeigneten Schaufelmaterials und niedriger Dampfgeschwindigkeiten 400 ° an der Dampfturbine für unbedenklich, wobei man damit rechnet, daß durch Betriebszufälligkeiten gelegentlich einmal auch eine Überschreitung dieser Temperaturgrenze vorkommen kann. Über diese Temperatur will man in Deutschland auch bei sehr niedrigen Dampfgeschwindigkeiten noch nicht hinausgehen, in der meines Erachtens sehr richtigen Erkenntnis, daß die Jagd nach Kalorien nicht so wichtig wie die Betriebsicherheit ist.

Mit dieser Anfangstemperatur des Dampfes ist dann in Verbindung mit der Dampfgeschwindigkeit und der noch im Niederdruckteil der Turbine zulässigen Dampffeuchtigkeit auch die Höchstgrenze des Dampfdruckes mit etwa 35 at an den Kesseln gegeben, entsprechend rd. 415 °C Dampftemperatur an den Kesseln; dabei stellt sich in den letzten Stufen der Dampfturbine eine Dampffeuchtigkeit von 10 bis 15 vH ein, die bei niedrigen Dampfgeschwindigkeiten noch für zulässig gehalten wird. In diesem Zusammenhange scheint mir besonders beachtenswert die Wahl niedriger Dampfgeschwindigkeiten, die nach dem Beispiel der Brünner Maschinenfabrik jetzt in Deutschland fast überall eingeführt sind. Der angegebene Höchstdruck von

Abb. 1. Lageplan des Großkraftwerkes Rummelsburg der Berliner Elektrizitäts-Werke, 1 : 6000.

35 at versteht sich selbstverständlich unter der Voraussetzung, daß keine Zwischenüberhitzung angewandt wird.

Wie sehr oft in der Technik, ist es auch hier wieder das Zusammentreffen mehrerer Entwicklungsstufen, die den technischen Fortschritt bedingen: nämlich erstens die Erkenntnis, daß bei Anwendung richtigen Schaufelmaterials höhere Dampftemperaturen an sich zulässig sind, und zweitens die Erkenntnis, daß sich bei niedrigen Dampfgeschwindigkeiten die Gefahren der Dampffeuchtigkeit beträchtlich vermindern. Schließlich ist hervorzuheben, daß das eingehende Studium der Strömungsverhältnisse in der Dampfturbine zu einer beträchtlichen Steigerung ihres thermischen Wirkungsgrades geführt hat.

Wenn wir nun, solange nicht Zwischenüberhitzung angewandt wird, mit 35 at zu einer oberen praktischen Grenze des Dampfdruckes gekommen sind, so bleibt doch noch die Frage offen, ob es sich empfiehlt, diesen Dampfdruck auch in allen Fällen anzuwenden. Hierüber kann nur eine Wirtschaftlichkeitsrechnung von Fall zu Fall entscheiden, deren grundsätzliche Aufstellung ich in Kap. VI der Neuausgabe meines Buches „Bau großer Elektrizitätswerke"[1]) gezeigt habe; dabei habe ich mich zum Teil auch auf amerikanische Veröffentlichungen, insbesondere die von Orrok (S. 347), gestützt.

Je größer die Leistung des Elektrizitätswerkes und je größer sein Lastfaktor, um so vorteilhafter wird die Anwendung höherer Drücke, weil die thermischen Gewinne gegenüber den finanziellen Verlusten infolge des durch die höheren Drücke bedingten höheren Anlagekapitals desto stärker überwiegen. So kommt man denn für deutsche Verhältnisse sehr häufig bei mittleren und kleinen Kraftwerken zu dem Ergebnis, daß es sich vorläufig nicht empfiehlt, den Druck über 25 at hinaus zu steigern, wobei aber zu beachten ist, daß die noch in der Entwicklung begriffenen Hochdruckprobleme noch kein endgültiges und abschließendes Urteil erlauben.

Vergleichende Wirtschaftlichkeitsberechnungen, die für das Kraftwerk Rummelsburg angestellt wurden, haben anderseits gezeigt, daß der für dieses gewählte Druck von 35 at an den Kesseln genügende thermische Vorteile bringt, um sich wirtschaftlich rechtfertigen zu lassen. 35 at stellen gleichzeitig ungefähr die Grenze dar, mit der sich Kessel ohne grundsätzliche Abänderung der bisherigen Konstruktion noch gut ausführen lassen. Auch der Bau der Rohrleitungen und der übrigen Apparatur für diesen Druck macht noch keine besondern Schwierigkeiten. Das Kraftwerk ist demgemäß für diesen Druck entworfen worden.

[1]) s. S. 1311.

Zwischenüberhitzung.

Viel skeptischer steht man in Deutschland noch der Zwischenüberhitzung des Dampfes gegenüber. Man ist sich der dadurch erreichbaren thermischen Vorteile zwar durchaus bewußt, glaubt aber vorläufig wenigstens noch, daß ein großer Teil hiervon durch die finanziellen Verluste (Verzinsung, Abschreibung, Ausbesserungen), die infolge der Erhöhung des Anlagekapitals entstehen, wieder ausgeglichen wird, und fürchtet vor allen Dingen die durch die Unübersichtlichkeit bedingte Verminderung der Betriebsicherheit. Man sieht den amerikanischen Erfahrungen mit der Zwischenüberhitzung mit großem Interesse entgegen, hört aber in Verbindung hiermit auch häufig das obenerwähnte Wort von der Jagd nach Kalorien. Zweifellos wird Amerika gerade auf diesem Gebiete sehr wertvolle Pionierarbeit leisten, ob Deutschland sehr bald mit der Zwischenüberhitzung des Dampfes folgen wird, kann heute noch nicht gesagt werden.

Vorstehende Ausführungen beziehen sich nur auf reine Kraftwerke, in denen also der Dampf keine andern Aufgaben als die der Krafterzeugung zu erfüllen hat. Handelt es sich jedoch um gemischte Kraftwerke, z. B. solche für die chemische Industrie, die gleichzeitig große Dampfmengen für andre Zwecke (Kochen und Heizen) brauchen, so wird auch in Deutschland die Wahl viel höherer Drücke, als oben angegeben, für vorteilhaft gehalten, und es sind Anlagen in Vorbereitung, die Drücke bis zu 100 at aufweisen sollen. Es würde an dieser Stelle jedoch zu weit führen, auch auf diese einzugehen.

Speisewasservorwärmung mittels Anzapfdampfes.

Ganz allgemein angewandt wird in neueren Kraftwerken die Vorwärmung des Speisewassers durch Entnahme von Zwischendampf aus den Turbinen. Während man jedoch zur Erzielung des höchsten thermischen Wirkungsgrades zunächst vielstufige Zwischendampfentnahme geplant hatte und die Turbine demgemäß an 3 oder 4 Stellen anzapfte, kommt man in neuerer Zeit von diesem Verfahren ab und beschränkt sich zugunsten der Einfachheit der Anlage in der Regel auf zwei Anzapfstellen.

Handelt es sich um sehr große Turbinenanlagen, wie die des Kraftwerkes Rummelsburg, so ziehe ich es aus Gründen der Betriebsicherheit vor, die Hauptturbinen überhaupt nicht anzuzapfen, sondern die Anzapfung an besondere sogenannte Vorwärmturbinen zu verlegen, die so bemessen sind, daß der entnommene Anzapfdampf für die Vorwärmung des gesamten Speisewassers ausreicht. Hierfür werden dann natürlich schnellaufende Turbinen (3000 Uml./min) gewählt, die verhältnismäßig einfach und billig werden und deren Leistung zur Leistung des Kraftwerkes hinzukommt, so daß sich die Anlagekosten auf 1 kW nur unmerklich steigern.

Um die Baukosten niedrig zu halten, stelle ich dann diese Vorwärmturbinen nicht im Hauptmaschinenhause, sondern in einem niedrigeren Anbau dazu zwischen den Kesselhäusern auf, so daß auch der auf die Leistungseinheit erforderliche Raum nur unwesentlich steigt. In diesem Anbau finden dann gleichzeitig die Kesselspeisepumpen und die Wasseraufbereitanlage (Destillieranlage) Platz, wobei sich Destillation und Vorwärmung teilweise in dem gleichen

Apparat vollziehen, so daß Dampfanzapfung, Speisewasservorwärmung, Destillation des Zuflußwassers und Betrieb der Speisepumpen zu einem organischen Ganzen werden und von einer Stelle aus überwacht werden können.

Es mag den Anschein haben, daß ich mit diesem Verfahren einen wesentlichen Vorteil der Zwischendampfentnahme aus den Hauptturbinen aufgebe, nämlich den der Verminderung der Dampfmenge in der Niederdruckstufe der Hauptturbine, die zu einer Verringerung der Schaufellänge und zu einer Verkleinerung der Kondensatoren führt. Stellt man aber die gleichen Maschinenleistungen einander gegenüber, d. h. im vorliegenden Fall auf der einen Seite eine 70 000 kW-Kondensationsmaschine und die zugehörige 10 000 kW-Vorwärmturbine, auf der andern Seite eine Anzapfmaschine von 80 000 kW, so kommen die obenerwähnten Vorteile nicht zur Geltung. Abgesehen hiervon, mußte der Niederdruckteil der Dampfturbine für so große Leistungen ohnehin in zwei parallele Teile zerlegt werden, so daß auch ohne Zwischendampfentnahme die Schaufellänge in leicht zu bewältigenden Grenzen bleibt.

Des weiteren wird dadurch, daß die Anzapfung der Hauptturbinen vollkommen fortfällt, einmal höhere Betriebsicherheit und ferner ein außerordentlich einfacher und übersichtlicher Kondensatorkeller erzielt, der jetzt nichts andres mehr enthält als die Kondensatorkörper, die Anlage für die Kühlung der Stromerzeuger und die sehr kurzen Frischdampfleitungen. Man kann daher die Maschinenfundamente sehr nahe zusammenrücken und bei guter Zugänglichkeit aller Teile auch die Breite des Maschinenhauses wesentlich einschränken.

Die Vorwärmturbinen dienen dann, weil sie für sich eine völlig unabhängige Kraftquelle darstellen, gleichzeitig als sogenannte Hausturbinen. Da aber ihre Leistung für den Hausbedarf viel zu groß ist, muß die jeweils vorhandene überschüssige Energie der Vorwärmturbinen an die Hauptsammelschiene abgegeben werden. Die Schaltung ist dann natürlich so einzurichten, daß sich die Vorwärmturbinen im Fall einer Störung oder einer wesentlichen Spannungssenkung von den Hauptsammelschienen selbsttätig abtrennen, so daß der Hausbetrieb ungestört weiter verläuft. Für die Abtrennung sind in Rummelsburg doppelte Sicherungen vorgesehen.

In Verfolg dieses Gedankens habe ich dann auch die Umlauf-Kühlwasserpumpen, die Luft- und Kondensatpumpen und deren Antriebmaschinen aus dem Kondensatorkeller in einen besonderen Anbau verlegt, der gleichzeitig die Siebrechenanlage für die mechanische Reinigung des Kühlwassers aufnimmt, so daß auch der Kühlwasserbetrieb zu einer organischen Einheit verschmolzen ist, deren Überwachung sich in einfachster Weise vollzieht. Man erreicht damit den weiteren Vorteil, daß man die Zu- und Ablaufkanäle nicht in das Maschinenhaus einzuführen braucht.

Kesselhaus.

Bei der Kesselanlage strebe ich von jeher möglichst gute konstruktive Vereinigung von Kesseln, Rauchgas-Speisewasser- und Luftvorwärmern an, alles eingeschlossen in eine gemeinsame glatte Bekleidung (Einmauerung oder Blechverkleidung) derart, daß trotzdem alle Teile leicht zugänglich bleiben, das Ganze angeschlossen in möglichst kurzer Verbindung an einen eisernen Kamin, der die unmittelbare Fortsetzung des letzten Zuges hinter dem Luftvorwärmer bildet.

Ich bin dabei bestrebt, die Höhe der Kesselhäuser möglichst zu beschränken, weil die Kosten der Kesselhäuser zwar einmal proportional der bebauten Grundfläche, dann aber viel stärker als proportional mit der Höhe wachsen. Höhe der Anlagekosten und gute Raumausnutzung zwingen heute dazu, auf 1 m² bebauter Fläche möglichst große Leistungen unterzubringen. Diese Forderung führt mit andern zur Wahl ziemlich großer Kesseleinheiten, denen vorläufig in Deutschland mit der Herstellungsmöglichkeit der Trommeln als obere Grenze etwa 2000 m² wasserberührter Heizfläche gesetzt sind, weil die Trommeln in einem Stück nur bis zu 10 bis 12 m Gesamtlänge hergestellt werden können.

Die Frage der zweckmäßigsten Kesselbauart, ob Sektional- oder Steilrohrkessel, hat noch zu keiner endgültigen Lösung geführt; trotzdem ist festzustellen, daß sich die Steilrohrkessel steigender Beliebtheit und Verbreitung erfreuen, nachdem die ursprünglichen konstruktiven Schwierigkeiten heute als beseitigt gelten können. Auch bis zur Grenze von 35 at scheinen keine besondern Nachteile beim Steilrohrkessel aufzutreten. Allerdings dürfte sich die größere Zahl der für diese erforderlichen Trommeln bei noch höheren Drücken zweifellos in den Anlagekosten sehr bemerkbar machen.

Kohlenstaubfeuerung.

Auch die Anwendung der Kohlenstaubfeuerung erfreut sich steigender Beliebtheit. Hinsichtlich der Ausgestaltung der Feuerräume und der Brenner folgt man in Deutschland im großen und ganzen vorläufig noch der amerikanischen Praxis, bei der die üblichen Kesselkonstruktionen mit einem hierfür besonders ausgestalteten Feuerraum verbunden werden. Ich glaube jedoch, daß diese Lösung nicht endgültig sein wird und daß es bei Anwendung der Kohlenstaubfeuerung darauf hinauslaufen wird, dafür besondere Kesselkonstruktionen zu entwickeln, wobei der eigentliche Kessel den Brennerraum umschließt, so daß einerseits die Gesamthöhe verringert und anderseits die große Mauermasse des Brennerraumes vermieden wird.

Gute Anfänge für eine solche Kesselkonstruktion, die sich allerdings nur für kleinere Abmessungen eignet, liegen in dem Bettington-Kessel heute schon vor. Außer den bekannten sieht man in Deutschland einen weiteren Vorzug der Kohlenstaubfeuerung darin, daß man von der Güte des Brennstoffes sehr unabhängig wird. Das ist für uns von besonderer Bedeutung, weil die meisten Kraftwerke auf häufig wechselnde Kohlenquellen angewiesen sind und demgemäß auch Kohlen von sehr unterschiedlichen Eigenschaften verfeuern müssen. In dieser Hinsicht sind Kohlenstaubfeuerungen viel weniger empfindlich als jeder selbsttätige Rost.

Anderseits bedingt dies wieder besondere Ausgestaltung der Kohlenaufbereitung. Der Wassergehalt der Kohle liegt in der Regel zwischen 2 und 12 vH, er kann ausnahmsweise aber auch bis zu 20 vH steigen. Es ist in Deutschland deshalb fast ausgeschlossen, Kohlen ungetrocknet zu vermahlen. Wir müssen vielmehr auf die Trockenanlage und die Notwendigkeit, sich den verschiedenen Graden der Trockenheit anzupassen, viel größeres Gewicht legen, als dies in der Regel in Amerika erforderlich ist. Die unmittelbar beheizten Trockentrommeln nach dem Muster der in Zementwerken verwandten, die man bisher in Deutschland in einzelnen Fällen gebaut und in ähnlicher Bauart wie in Amerika ausgeführt hat, werden voraussichtlich in Deutschland bald wieder verschwinden.

Mit der Trocknung durch die Abgase der Kessel hat man angesichts der vorerwähnten Eigenschaften unsrer Kohle überhaupt keinen Versuch gewagt, der meines Erachtens auch gescheitert wäre. Wir haben dagegen in den schon in der hochentwickelten deutschen Braunkohlenindustrie seit Jahrzehnten in Gebrauch befindlichen, mit Abdampf beheizten Trockentrommeln ein vorzügliches Mittel, um auch Steinkohle selbst mit stark wechselndem Wassergehalt einwandfrei zu trocknen, und brauchen infolgedessen nur diese Technik auf die Steinkohlenkraftwerke zu übertragen. Die Trockner werden im Verhältnis zu allen andern bekannten Anordnungen klein, leistungsfähig und billig. Ihre sehr einfache Bedienung beschränkt sich auf die Regelung eines Dampfventils. Der zum Trocknen gebrauchte Dampf wird mit etwa 2 at Überdruck einer Zwischenstufe der Dampfturbine entnommen. Das niedergeschlagene Kondensat fließt in den Kreislauf des Werkes zurück. Das Kraftwerk Rummelsburg ist wohl das erste, das mit solchen Trocknern ausgerüstet wird. Ihr geringes Gewicht und ihre gedrängte Bauart erlauben, sie unmittelbar unter den Bunkern unterzubringen, so daß gegenüber unmittelbar beheizten Trocknern einmaliges Heben der Kohle vermieden werden kann.

Wenig geklärt ist bis jetzt noch die Frage der zweckmäßigsten Kohlenmühle. Man macht noch Versuche mit allen möglichen Systemen, deren Ziel es größtenteils

ist, großen Durchsatz zu erzielen, damit die Zahl der erforderlichen Mühlen vermindert wird. Für das Vermahlen von Koksstaub, dessen Verfeuerung als schwerverwertlicher Abfallstoff der Gasanstalten in Deutschland besondere Bedeutung hat, sind sogenannte Rohrmühlen mit gutem Erfolg angewandt worden.

Besonders angestrengt gearbeitet wird auf dem Gebiete der Nebenproduktenverwertung, und zwar einmal in der Richtung der vollständigen Vergasung, bei der als Endergebnisse nur Teer und Gas erscheinen, das andre Mal in der Richtung der Verschwelung, bei der neben Teer und Gas auch Halbkoks anfällt. Das erste Verfahren wird zunächst für Kokereien und Gasanstalten ausgestaltet; ob es einmal für unmittelbare Krafterzeugung größere Bedeutung erlangen wird, läßt sich zurzeit noch nicht sagen. Dagegen glaube ich, daß hierfür das Schwelverfahren beste Aussichten bietet, und zwar gerade in Verbindung mit Elektrizitätswerken, weil diese die rationellste Verwertung der anfallenden Halbkoks erlauben.

Jedes Vergasungsverfahren hat für Zwecke der Krafterzeugung den Nachteil, daß das Haupterzeugnis, das Gas, in dem gleichen Maße, wie es anfällt, auch verbraucht werden muß, weil die Speicherung des Gases zu teuer wird. Man muß also entweder die Gaserzeugung dem Stromverbrauch anpassen oder aus der Stromkurve den gleichbleibenden Teil herausschneiden und für die übrigbleibende Spitze ein andres Erzeugungsverfahren anwenden. Beides ist sehr lästig und erfordert im ersten Falle zu hohe Anlagekosten. Von diesem Mangel ist das Schwelverfahren frei. Es gestattet durchlaufenden Betrieb, wobei die voraussichtlich geringen anfallenden Mengen von hochwertigem Gas in der eigenen Anlage, z. B. für die Beheizung der Schwelöfen, oder auch, wenn möglich, in benachbarten Gasanstalten ausgenutzt werden können, während der Verbrauch der anfallenden Halbkoks von dem jeweiligen Belastungsgrad unabhängig ist. Wesentlich scheint mir auch, daß vorläufig wenigstens der Teer als Tieftemperaturteer höheren Wert hat als der beim Vergasungsverfahren gewonnene.

Für Deutschland hat die Verschwelung insofern besondere Bedeutung, als damit die Möglichkeit der Verwertung der vorhandenen Braunkohlenlager wächst, die, sofern man die Kohle nicht an Ort und Stelle verfeuern kann, heute vorwiegend auf dem Umweg über das Brikett erfolgt. Nachdem insbesondere das Verfahren der Kohlenveredlungs-Gesellschaft im praktischen Betrieb eine Ausbeute ergeben hat, die der im Laboratorium gleichkommt, werden in Deutschland zunächst in Verbindung mit den Braunkohlengruben Kohlenverschwelanlagen entstehen, die die Verwertung der anfallenden Nebenprodukte selbst übernehmen und die anfallenden Halbkoks an Industrien und Kraftwerke liefern, die eigene Vermahlanlagen besitzen. Vermahlen werden die Halbkoks besser am Orte des Verbrauches, weil sie in gewöhnlichen verdeckten Wagen verschickt werden können.

Aber auch Steinkohlenkraftwerke sollten mit Schwelanlagen ausgerüstet werden, da das einfache und billige Schwelverfahren, eben weil es durchlaufenden Vollastbetrieb gestattet, die Gewinnung der Nebenprodukte in der Regel zu einem wirtschaftlich vorteilhaften Unternehmen macht. Daß diese Frage für Deutschland, das von eigenen Ölquellen abgeschnitten ist, auch in volkswirtschaftlicher Hinsicht von größter Bedeutung ist, möge noch nebenbei erwähnt werden.

Das Großkraftwerk Rummelsburg.

Ich lasse noch einige technische Angaben über das Großkraftwerk Rummelsburg, Abb. 1, folgen, die in diesem Zusammenhange vielleicht von Interesse sind.

Kesselanlage. 16 Kessel von je 1600 m² wasserberührter Heizfläche, dazu noch etwa 150 m² Kühlheizfläche in den Feuerräumen. Normale Dampfleistung eines Kessels etwa 65 t/h, Höchstleistung rd. 77 t/h, Vorwärmung des Speisewassers durch Abdampf auf etwa 140°, Rauchgasvorwärmer fallen vorläufig fort. Vorwärmung der Luft durch plattenförmige Luftvorwärmer auf etwa 150 °C. Bebaute Grundfläche eines acht Kessel enthaltenden Kesselhauses 2861 m² oder auf 1 t/h Dampf 5,5 m², wenn alle Kessel des Kesselhauses in Betrieb sind. Umbauter Raum eines Kesselhauses 75 830 m³.

Dampfturbinen. Drei Zwillingsdampfturbinen von je 70 000 kW, eingeteilt je in zwei Gruppen, und zwar eine Hochdruck- und Mitteldruck-Gruppe von 35 000 kW und eine Niederdruckgruppe mit geteiltem Niederdruckteil mit ebenfalls 35 000 kW, beide für 1500 Uml./min. Dampfdruck an den Turbinen 32,5 at, Dampftemperatur an den Turbinen 400 °C. Expansion im Hochdruckteil auf etwa 14 at, im Mitteldruckteil auf 2,3 at. Mit diesem Druck tritt der Dampf in den Niederdruckteil ein.

Bebauter Raum des Hauptmaschinenhauses 3546 m² oder 0,0169 m²/kW, umbauter Raum 77 313 m³.

Dynamomaschinen. Sechs Hauptmaschinen von je 44 000 kVA bei 1500 Uml./min mit 6000 V Erzeugungsspannung, die unmittelbar dahinter in Drehstromtransformatoren von je 44 000 kVA auf 30 000 V transformiert wird.

Schaltanlage mit getrennten Phasen für 30 000 V, Verteilung durch Kabel. [B 900]

Herstellung von rostfreiem Chromstahl.

Entgegen dem früheren Verfahren, dem im Elektroofen geschmolzenen Stahl Ferrochrom zuzusetzen, wird bei dem Hamilton-Evans-Verfahren zur Herstellung von „fleckenlosem" (stainless) Stahl, nachdem die erste Schlacke entfernt und eine zweite Schlacke, bestehend aus Kalk, Flußspat und Walzensinter, gebildet ist, fein gestoßenes Chromerz, mit ebenso fein gestoßenem Ferrosilizium innig gemischt, auf die Schlacke geworfen. Hierauf wird das Chromoxyd, Eisenoxyd und das Manganoxyd durch die Wirkung des Siliziums im Ferrosilizium reduziert. Das Chromerz soll kein Chromoxyd oder Eisenoxyd sein. Das Ferrosilizium muß kohlenstofffrei sein, da Kohlenstoff nicht ausgeschieden werden kann.

Das Erzeugnis ist ein weicher rostfreier Stahl mit ungefähr 12 vH Chrom. Die Kosten der Darstellung des Stahles in Blockform durch das frühere Ferrochrom-Verfahren betrugen ungefähr 273 ℳ für 1 t, während durch das Hamilton-Evans-Verfahren 1 t für 126 ℳ erzeugt werden kann. Eine geringe Veränderung im Kohlenstoffgehalt übt schon einen großen Einfluß auf den Chromstahl aus. Der Kohlenstoffgehalt im Chromstahl hat ungefähr die dreifache Härtewirkung als die gleiche Menge im gewöhnlichen Stahl. Bei Chromstahl kann die Ablösch- und Tempertemperatur höher gehalten werden; außerdem härtet er an der Luft und behält seine Festigkeit bei hohen Temperaturen.

Die physikalischen Eigenschaften, die man von weichem, rostfreiem Stahl im geglühten und im gehärteten Zustand erhält, sind in der Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Zahlentafel 1. Eigenschaften des rostfreien geglühten und gehärteten Stahles.

Vergütet bei °C	Elastizitätsgrenze kg/mm²	Zerreißfestigkeit kg/mm²	Dehnung vH	Einschnürung vH	Brinell-Härte
200	46,75	51,32	12,0	37,5	340
400	46,05	50,83	16,0	50,0	332
600	26,71	33,74	22,5	62,0	235
750	19,68	25,73	30,0	69,0	174

Das Walzen und das Schmieden im warmen Zustand bietet beträchtliche Schwierigkeiten wegen der Eigenschaft des Stahles, an der Luft zu härten. Die geeignetste Temperatur für das Warmwalzen liegt zwischen 1050 bis 1100 °C. Bis 900 °C muß der Block langsam und dann schnell auf obige Temperatur gebracht werden, auch muß der Block durch und durch eine gleichmäßige Temperatur haben. Unter 900 bis 850 °C läßt sich der Stahl schwer durch Walzen oder Schmieden umbilden, und bei tieferen Temperaturen bricht er leicht. Beim Glühen liegt die kritische Temperatur zwischen 865 und 965 °C. Um große Weichheit zu erzielen, sollte er langsam auf 1000 °C gebracht werden und langsam im Ofen abkühlen. Die Brinellhärte dieses Stahles beträgt 150. Rostfreier Chromstahl läßt sich elektrisch oder mit Sauerstoff schweißen, aber nicht im gewöhnlichen Schmiedefeuer. („The Iron Age" Bd. 115 (1925) S. 479.) [N 326] H. Illies.

Der kompressorlose Betrieb von Dieselmotoren.

Von Franz Schultz, Köln-Deutz.

Vorgetragen in mehreren Bezirksvereinen des Vereines deutscher Ingenieure.

Entwicklung der Arbeitsverfahren — Grundformen einerseits, Ausführungsformen der einzelnen Firmen anderseits — Brennstoffdüsen, Brennstoffpumpen — Vergleich der Arbeitsverfahren: Höhe von Verdichtungs- und Zünddruck, Gestaltung des Brennraumes — Wärmetechnische Bedingungen.

Entwicklung der Arbeitsverfahren.

Seit den ersten Anfängen des Dieselmotors beschäftigt die luftlose Einspritzung die Ingenieurwelt. Schon Diesel hatte sich mit dieser Frage befaßt, sie aber aus dem Auge verloren, als er mit dem Einblasen des Brennstoffes durch hochgespannte Druckluft Erfolg hatte. Seine und andrer maßgebender Fachleute absprechende Urteile über die Aussichten des kompressorlosen Betriebes mögen viele von Versuchen in dieser Richtung abgehalten haben, abgesehen davon, daß die Fülle versuchstechnischer und konstruktiver Aufgaben alle Geister an die Fortentwicklung des Dieselmotors mit Kompressor fesselte. Immerhin fehlt es nicht ganz an frühen Versuchen, die mit den Namen Haselwander, Vogel, Trinkler u. a. verbunden sind. Die meisten suchen die Einblaseluft im Arbeitszylinder selbst zu beschaffen, sei es durch Luftentnahme oder durch einen versteckten Kompressorkolben. Allen blieb der praktische Erfolg versagt, aber alle sind als Anreger zu neuen Gedanken zu werten.

Unterdessen behalf sich die Praxis, der kein kompressorloser Dieselmotor gegeben wurde, mit dem Glühkopfmotor; das zeitraubende Anheizen der Glühhaube und das unwirtschaftliche Verfahren, den Brennstoff durch Aufspritzen auf überhitzte Wandungen zu entzünden, wurden wegen der Einfachheit und Billigkeit des Motors gern in den Kauf genommen. Einen erheblichen Fortschritt brachte der Bronsmotor, der, obgleich er mit hohem Druck und sparsam arbeitet, dennoch einfach ist und kalt anspringt. Beim Ansaughub füllt sich eine kleine Vorkammer mit Brennstoff, der sich bei der Verdichtung von selbst entzündet; diesen ungesteuerten Verbrennungsvorgang kann man nur durch die Bemessung der Kapselbohrungen etwas beherrschen.

Dauernd konnten diese Zwischenlösungen nicht befriedigen, denn nur in der kompressorlosen Dieselmaschine kann man schwere Öle verschiedenster Herkunft bei niedrigem Verbrauch rauchfrei verbrennen und große Zylinderleistungen ohne die Hilfe von Druckluft vollkommen beherrschen. Als Dieselmotor bezeichnen wir hier nach dem Vorgang von Nägel eine Verbrennungsmaschine, deren Zylinderluft ohne Brennstoff so hoch verdichtet wird, daß die Erwärmung hierbei genügt, den erst kurz vor dem Verdichtungstotpunkt eingeführten Brennstoff zu entzünden, gleichviel, auf welche Weise er in den eigentlichen Brennraum gelangt. Allerdings bedarf diese Begriffsbestimmung eigentlich einer Einschränkung insofern, als der Vorkammermotor, bei dem der Brennstoff — vielfach unter Mitwirkung der Wandwärme entzündet — aus der Vorkammer teilweise brennend in den Brennraum gelangt, eine Mittelstufe zwischen Glühkopf- und Dieselmotor darstellt.

Die Kernfrage der kompressorlosen Maschine lautet: Wodurch kann man die zerstäubende Wirkung der Druckluft ersetzen?

1. Durch Zerstäubung mittels der Brenngase einer Vorkammerexplosion in Düsen (Vorkammerverfahren).
2. Durch die Wirbelwirkung der Zylinderluft auf den Brennstoffnebel oder zweier Brennstoffkegel aufeinander (Wirbelverfahren).
3. Durch mechanische Zerstäubung des Brennöls in Düsen unter hohem Druck (Druckverfahren).

Abb. 1 bis 6 zeigen die bezeichnenden Vertreter dieser drei Möglichkeiten; dabei sind in zeitlicher Reihenfolge die Firmen angegeben, die das kennzeichnende Verfahren zuerst praktisch durchgeführt haben. Als erste erfolgreiche Lösung schuf Deutz 1911 einen Motor, bei dem ein vom Kolben durch Abschnürung erzeugter Luftkegel dem mechanisch unter geringem Druck zerstäubten Brennstoff entgegengejagt wird. Nur wenig später brachte Vickers als erster die luftlose Einspritzung in einen ungeteilten Brennraum zum praktischen Erfolg. Man speichert dabei den Brennstoff unter einem Druck von 300 bis 400 at in einem Akkumulator auf und läßt ihn dann durch ein gesteuertes Nadelventil in den Zylinder eintreten. Leisner spritzt in eine Vorkammer ein, in der ein Glührohr für die sichere Zündung sorgt. Der an der Vorkammerexplosion nicht teilnehmende Brennstoff wird von den brennenden Gasen durch eine Düse im Boden des Glührohres in den Zylinder geschleudert. In Amerika ist früh das Price-Verfahren zu Erfolg gelangt, wobei man unter mäßigem Druck zwei Brennstoffstrahlen gegeneinander spritzt und so wirksam mit der Zylinderluft vermischt. Worthington benutzt eine vorkammerartige Abschnürung des Brennraumes mit weiter Verbindungsöffnung und arbeitet im übrigen ähnlich wie Leisner. Endlich hat Deutz den offenen Brennraum durch retortenartige Ausbildung des Kolbenbodens verbessert und das Brennöl durch ein sich selbständig unter dem Brennstoffdruck öffnendes Nadelventil eingespritzt. Leisner und Worthington sind Vertreter des Vorkammerverfahrens, Deutz-Verdrängermotor und Price Vertreter des Wirbelverfahrens, Vickers und Deutz-Hohlkolben Vertreter der rein mechanischen Zerstäubung.

Abb. 1 bis 6. Arbeitsverfahren für kompressorlose Dieselmaschinen.

Abb. 7. Vorkammermaschine von Worthington.

Auf diesen grundsätzlichen Gedanken baut sich eine große Zahl von Lösungen auf. Mit Vorkammerverfahren arbeiten außer vielen kleinen Firmen Worthington, Abb. 7 (stehend, vollkommen gekühlte Kammer, keine ausgesprochene Glühfläche, keine Düse), Krupp (stehend, vollkommen gekühlt, geringe Glühfläche, mit Düse), Körting (liegend, vollkommen gekühlt, ausgesprochene Glühfläche, mit Düsen), Leisner, ausgeführt von Ljusne Woxna, und Sulzer, Abb. 8 (stehend, vollkommen gekühlt, ausgesprochenes Glührohr, mit Düsen), Motorenwerke Mannheim, Abb. 9 (stehend, halb gekühlt, Glühkapsel, mit Düsen), Deutz-Kleindiesel (stehend, mäßig gekühlte, einheitliche Kapsel, mit Düsen).

Nach dem Wirbelverfahren arbeiten Deutz-Verdrängermotor (liegend, Luftwirbel und zentrale Einspritzung), Crossley, Abb. 10, angeregt durch Deutz (liegend, Luftwirbel und seitliche Einspritzung), Brotherhood, genaue Kopie von Deutz (liegend).

Vertreter des Price-Verfahrens sind u. a.: De la Vergne, Abb. 11 bis 13, mit liegenden und stehenden, die Falk Co. und die Ingersoll Rand Co. mit stehenden Motoren. Nach dem Druckverfahren, d. h. rein mechanisch, arbeiten außer Vickers und Deutz-Hohlkolben, Abb. 14, die MAN, Abb. 15, und Hesselman, der noch einen Luftwirbel zu Hilfe nimmt.

Brennstoffdüsen.

Bei völliger Gleichheit des allgemeinen Aufbaues weicht der Dieselmotor mit luftloser Einspritzung in der Ausbildung von Zylinderkopf und Kolben je nach dem Verfahren von dem alten Kompressormotor ab. Stark verschieden von der alten Form sind aber allgemein Brennstoffdüse und Brennstoffpumpe infolge der besonderen Bedingungen des luftlosen Betriebes. Die Brennstoffdüse hat die Aufgabe, den Brennstoff in einem eng begrenzten Zeitraum einzuführen und auf den Brennraum zu verteilen. Der früher so verwickelte und unübersichtliche Vorgang der Vermischung von Druckluft mit Öl ist auf einen verhältnismäßig einfachen, völlig beherrschbaren hydraulischen Vorgang zurückgeführt. Das Brennstoffventil wird als offene oder geschlossene Düse ausgeführt, Abb. 16 bis 20. Die MAN verwendet bei ihren bisher bekannt gewordenen Motoren eine vollkommen offene Düse, die nur durch sehr feine Bohrungen gegen den Brennraum hin abgeschlossen ist (vergl. Z. Nr. 40 S. 1262).

Bei andern Motoren baut man ein nach dem Brennraum zu öffnendes, schwach federbelastetes Rückschlagventil kurz vor der Düse ein, um das Zurückdrücken des Brennstoffes in die Druckleitung zu verhüten. Manchmal wird an Stelle einer Mehrlochdüse eine Einlochdüse mit Dralleinsatz verwendet, der dem Brennstoffstrahl eine kreisende Bewegung erteilt und die Zerstäubung unterstützt.

Abb. 8. Vorkammermaschine von Gebr. Sulzer.

Bei der überwiegenden Zahl von Motoren mit luftloser Einspritzung wird aber heute die geschlossene Düse verwendet, bei der eine federbelastete Nadel unmittelbar hinter der Düsenmündung die Leitung gegen den Brennraum hin abschließt und das Nachtropfen verhindert. Manchmal versieht man diese Nadel bei Verwendung von Einlochdüsen mit einem zylindrischen Fortsatz, der in die Düsenbohrung mit geringem Spiel paßt, um ein Flattern des Strahles zu verhindern, der sich dann haltsuchend an den zylindrischen Fortsatz anschmiegt. Man setzt auch in den Brennstoffkanal vor dem Nadelsitz Drossel- und Drallspulen ein, die den Strahl verschieden ausbilden sollen.

Oft hört man den Einwand, daß der kompressorlose Motor mit sehr kleinen Düsenbohrungen arbeiten muß. Aus langjährigen Erfahrungen mit kompressorlosen Motoren geht aber hervor, daß gegen Löcher von 0,5, ja auch noch von 0,4 mm nichts einzuwenden ist; solche Motoren arbeiten seit 1919 anstandslos mit schwersten Ölen, wie Steinkohlenteeröl, Commodore-Rivadavia, Huasteca-Öl u. a. Bei normalem Filtern des Brennöles sind keine Verstopfungen zu erwarten. Wenn schon gegen kleine Düsen im Automobilvergaser keine Bedenken bestehen, um wieviel weniger beim Dieselmotor, wo der hohe Pumpdruck die Düse sauber

Abb. 9. Vorkammermaschine der Motorenwerke Mannheim.

fegt. Bohrungen von 0,2 mm, die man bei einer Maschinengattung verwendet, verlangen allerdings große Reinheit des Brennstoffes.

Bei den offenen Düsen besteht die Gefahr des Nachtropfens und damit Verkokens des Brennstoffes. Deshalb ist der sichere Abschluß durch eine Brennstoffnadel vorzuziehen. In jüngster Zeit werden auch Lippendüsen benutzt.

Brennstoffpumpen.

Nach der Düse ist die Brennstoffpumpe der wichtigste Bauteil der Verbrennungsmaschine mit luftloser Einspritzung. Ihr fällt die Aufgabe zu, den Verbrennungsvorgang zu steuern, indem sie Beginn und Dauer der Einspritzung bestimmt. Anders allerdings arbeitet der Vickers-Motor; doch scheint sich das Einspritzen unter Aufspeicherung des Brennstoffes und Steuerung des Ventiles deshalb nicht zu bewähren, weil

RZ104Z10

Abb. 10. Maschine nach dem Wirbelverfahren von Crossley.

RZ104Z12

Abb. 12.

RZ104Z11

Abb. 11.

Abb. 11 und 12. Maschine nach dem Price-Verfahren von de la Vergne

beim Festklemmen der Nadel überreichlich Brennstoff zutritt und weil die Belastung der einzelnen Zylinder einer Mehrzylindermaschine außer vom genauen Hub der Nadel auch von den schwer beherrschbaren Widerständen zwischen Nadel und Düsenmündung abhängt. Deshalb braucht man verwickelte Nadelhubregelungen und Zündpunktverstellungen, um auch mit niedrigen Umlaufzahlen arbeiten zu können.

Bei allen übrigen bekannten Motoren wird der Zündbeginn von der Brennstoffpumpe festgelegt. Er muß bei allen Stufen der Belastung möglichst gleich erhalten werden. Vom richtigen Zündbeginn hängen Beginn der Einspritzung und Höhe der Zylinderdrücke und damit die Güte der Verbrennung wesentlich ab. Die Gestalt des Nockens oder die Exzenterstellung beeinflussen den Verlauf und die Güte der Verbrennung, die sich also einfach regeln läßt.

Am besten eingeführt haben sich die Schrägnocken-, Nadel- und Überströmregelung der Pumpe, Abb. 21 bis 23. Die Schrägnockenregelung ergibt die einfachste und billigste Bauart und hat sich, vom starken Rückdruck auf den Regler abgesehen, ausgezeichnet bewährt. Bei der Nadelregelung fließen während des ganzen Druckhubes verschieden große Mengen von Brennstoff durch eine Lecköffnung in den Saugraum zurück. Die Größe dieser Öffnung wird durch eine mit dem Regler verbundene Nadel gesteuert. Diese Pumpe, die ebenfalls einfach ist, hat den Nachteil, daß sie bei verminderter Drehzahl, bei der man die Nadel weiter öffnen muß, infolge der verringerten Brennstoffgeschwindigkeit allzugroße Mengen durchtreten läßt, d. h. also, daß sie überregelt. Allerdings gibt es auch Mittel, um diesem Fehler zu begegnen. Als höchstwertige Lösung darf man die Überströmregelung bezeichnen, wobei ein Schleppglied nach einem gewissen Druckhub ein Überströmventil öffnet und damit den wirksamen Hub plötzlich abschneidet.

Auch gegen die höheren Pumpdrücke, die bei vielen kompressorlosen Motoren, besonders bei denjenigen mit einheitlichem Brennraum üblich sind, hat man Bedenken geäußert. Die Pumpdrücke bei Vorkammer- und Wirbelmotoren entsprechen meist etwa denen der alten Dieselmaschine. Die Motoren mit rein mechanischer Brennstoffverteilung fordern dagegen höhere Pumpendrücke. Eine Pumpe, die Drücken von 70 bis 80 at gewachsen sein soll, muß aber so gut entworfen und ausgeführt sein, daß sie auch ohne wesentliche Verän-

RZ104Z11

Abb. 13. Maschine nach dem Price-Verfahren von de la Vergne.
a Brennstoffverteiler *b* Reglerwelle *c* Brennstoffpumpen.

Abb. 14. Deutz-Hohlkolbenmaschine.

derung Drücke von 200 at verträgt. Im übrigen wirken das Überströmventil und die sich selbsttätig öffnende Brennstoffnadel als Sicherheitsventile.

Vergleich der Arbeitsverfahren.

Bei aller Vorsicht, die heute bei der Bewertung der einzelnen Verfahren für kompressorlosen Betrieb von Dieselmotoren angebracht ist, scheint es, daß für die Entwicklung von solchen Motoren mit großen und größten Zylindern das Verfahren mit mechanischer Einspritzung, d. h. mit einheitlichem Brennraum, die besten Aussichten hat. Während sich nämlich beim Vorkammermotor zwei Verbrennungsvorgänge übereinander lagern und gegenseitig bedingen, nämlich der in der Vorkammer und der im Brennraum, während ferner beim Wirbelmotor der Vorgang des Einspritzens und der des Durchwirbelns miteinander in Einklang stehen müssen, und während bei der Gegeneinspritzung nach Price eine genaue Abstimmung der Brennstoffstrahlen notwendig ist, hat man beim reinen Druckverfahren nur einen einzigen Verbrennungs- und nur einen einzigen Zerstäubungsvorgang zu beherrschen. Hier werden die Verhältnisse äußerst durchsichtig, und das ganze Verfahren ist leicht so zu leiten, wie es Konstrukteur und Verbrennungsfachmann erstreben.

Beim alten Dieselmotor wurde die Verdichtung mit 34 bis 38 at so hoch gewählt, daß die entstehende Temperatur trotz der stark abkühlenden Wirkung der Einspritzluft noch ausreichte. Nach Fortfall dieses Wärmeverlustes lag es nahe, die Verdichtung erheblich herabzusetzen. Größere kompressorlose Motoren zünden zwar noch anstandslos bei 17 bis 18 at, doch setzt man neuerdings bei diesen Motoren den Enddruck der Verdichtung fast allgemein auf 22 bis 25 at fest, um auch bei ganz niedrigen Außentemperaturen und auch bei schwereren Brennstoffen sicheres Zünden beim Anlassen der kalten Maschine zu erreichen. Dagegen muß man bei Vorkammermotoren mit höheren Verdichtungsdrücken rechnen, weil sich beim Anfahren, wo noch die Mitwirkung der Wärme in den Kammerwänden fehlt, die im Zylinder durch Verdichtung erhitzte Luft beim Durchstreichen der Kammerdüsen und beim Eindringen in die enge Kammer abkühlt. Deshalb arbeiten die Vorkammermotoren mit Verdichtungen von 32 bis über 40 at und meist mit Glimmpapier beim Anfahren.

Niedrige Verdichtung hat aber nicht nur den Vorteil, daß man beim Anfahren niedrig gespannte Druckluft verwenden kann, sondern bringt auch die Sicherheit gegen zu hohe Drücke, die bei unerwarteten Rückzündungen auftreten können. Der theoretisch mögliche Höchstdruck ist eine Funktion des Enddruckes der Vorverdichtung, und der Konstrukteur muß bei seinem Entwurf nicht nur mit dem gewollten Betriebsdruck in der Maschine, sondern auch mit dem bei Unachtsamkeit möglichen Höchstdruck rechnen.

Es ist eigenartig, daß sich fast gleichzeitig bei den verschiedensten Motoren fast genau dasselbe Diagramm, Abb. 24 bis 27, ergeben hat, das man als „gemischtes" bezeichnen kann und das aus einer Verbindung des Gleichraum- mit dem Gleichdruckdiagramm entstanden ist. Es hat sich gezeigt, daß es unpraktisch und unwirtschaftlich ist, den Motor mit luftloser Einspritzung nach dem alten Gleichdruckdiagramm zu betreiben, obgleich das keine Schwierigkeiten bereitet. Die Eigenart der Brennstoffeinführung bringt im ersten Teil der Brennstoffeinspritzung einen leichten Zündverzug mit sich, dem man am besten durch eine kurze Gleichraumverbrennung Rechnung trägt; an diese soll sich dann für den Rest der Brennstoffeinführung eine Art Gleichdruckverbrennung anschließen. Wie die Versuche von Heidelberg[1]) gezeigt haben, ist für die Wirtschaftlichkeit nicht der Enddruck der Verdichtung, sondern der höchste Zünddruck maßgebend. Es ist vorteilhafter, diesen nicht im Gleichdruck-, sondern im Gleichraumverfahren zu erreichen.

Dazu kommt noch, daß die niedrige Verdichtung einen **geräumigen Brennraum** ermöglicht, den man dann der für die Verbrennung günstigsten Kugelform annähern kann. Versuche von

Abb. 15. MAN-Hohlkolbenmaschine.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1047.

offene Düsen — geschlossene Düsen

Abb. 16 bis 20. Bauarten von Brennstoffdüsen.

Schrägnocken-regelung — Nadel-regelung — Ueberströmventilregelung

Abb. 21 bis 23. Verschiedene Arten der Brennstoffpumpenregelung.

Gleichdruck-Verbrennung — gemischte Verbrennung — versetztes Diagramm — versetztes Diagramm

Abb. 24 bis 27. Kennzeichnende Diagramme von Dieselmotoren mit Luft- und mit luftloser Einspritzung.

Abb. 28. Brennstoffverbrauch und mechanischer Wirkungsgrad des kompressorlosen Vierzylinder-Dieselmotors „Deutz" VM.

Riehm[1]) zeigen, daß der Brennstoffstrahl zum Erreichen einer guten Zerstäubung einer gewissen Mindestspritzlänge bedarf, die sich nur bei einem entsprechend großen Brennraum erzielen läßt. Überdies sorgt ein solcher größerer, der Kugel angenäherter Raum dafür, daß während der Verdichtung der heiße Kern im Innern vor der Wärmeabgabe an die Wandungen bewahrt bleibt, so daß die Zündung auch bei stark verminderter Drehzahl und großer Abkühlung der Zylinderluft heiß genug bleibt und Fehlzündungen vermieden werden.

Diese Überlegungen führen von selbst zur Ausbildung des Hohlkolbens, der durch seine gleichmäßige Temperatur wie eine Aufbereitungsretorte für den Brennstoff wirkt. Der weite Abstand des Kolbenbodens von der Einspritzdüse schont übrigens den Boden vor der Hitzewirkung. Dazu kommt der grundsätzliche Unterschied zwischen der Brennstoffdüse mit Druckluftzerstäubung und der rein mechanisch zerstäubenden Düse insofern, als jene den Brennstoff schon mit Sauerstoff vermischt in den Zylinder einführt, wo er sich sofort entzünden und eine stichflammenartige Wirkung auf den Kolbenboden ausüben kann, während bei luftloser Einspritzung der Brennstoff erst nach und nach seinen Sauerstoff im Zylinder aufsuchen muß und zum Teil — mindestens im Kern des Einspritzkegels — den Kolbenboden noch flüssig oder mit Luft unvermischt erreicht. Dies ermöglicht, kompressorlose Motoren nach dem Druckverfahren bis zu viel größeren Zylindern mit ungekühlten Kolben auszuführen.

Die wärmetechnischen Bedingungen der kompressorlosen Motoren liegen hiernach überaus günstig, und es ist daher nicht zu verwundern, daß man bei luftloser Einspritzung eine weit über die durch den Wegfall der Kompressorantriebsarbeit entstehenden Ersparnisse hinaus verbesserte Brennstoffausnutzung erreicht. In der Tat haben eingehende Untersuchungen gezeigt, daß die Verbrennung in solchen Motoren erheblich besser ist als jemals bei den besten Kompressormotoren. Vielleicht ist dies zum Teil darin begründet, daß bei den Motoren mit einheitlichem Brennraum und gar solchen mit Hohlkolben keine Durchwirbelung des Zylinderinhaltes mehr stattfindet, sofern man keine künstliche Luftbewegung hineinbringt, die Wärmeabgabe der Zylinderluft an die Wandungen also auf ein Mindestmaß beschränkt bleibt. Das widerspricht zwar manchen früheren Vorstellungen, ist aber auf Grund von Versuchen wahrscheinlich.

Die Vorteile aller kompressorlosen gegenüber Kompressormotoren sind verminderter Brennstoffverbrauch, höhere Überlastbarkeit und sichere Zündung bei verminderter Drehzahl. Motoren mit einheitlichem Brennraum haben insbesondere einen überaus günstigen Verlauf des Brennstoffverbrauchs bei mittleren und niedrigen Belastungen, Abb. 28. Die Kurve verläuft zwischen ⅓ und ⁵/₄ Last beinahe wagerecht, was für den praktischen Betrieb erheblich größere Bedeutung hat als Rekordzahlen bei normaler Belastung. Aber auch dieser Verbrauch ist mit 1640 bis 1650 kcal/PS_eh erstaunlich gering. Von Bedeutung ist ferner die große Überlastbarkeit um 40 bis 45 vH (gegenüber 20 vH bei der alten Dieselmaschine), wobei man ohne Auswaschen oder Aufladen der Zylinder mittlere effektive Kolbendrücke von 7,5 bis 7,8 at erreicht. Verminderung der Drehzahl von 300 auf 30 bis 40 Uml./min bei sicheren Zündungen auch noch im Leerlauf ist ebenfalls eine Leistung, die der Kompressormotor selbst bei Nadelhub- und Einspritzdruck-Regelung nicht aufweist.

Welchem Verfahren man auch den Vorzug geben mag, die kompressorlose Dieselmaschine bedeutet einen erheblichen Schritt vorwärts zum Ideal der Annäherung des wirtschaftlich so hochwertigen Motors an die Einfachheit und Betriebsicherheit der Dampfmaschine. [B 104]

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 64

Kompressorlose Ölmaschinen[1].

Von Dr.-Ing. E. Kux, Hannover-Linden.

Den Ausgang aller Maschinen, die nach dem Verfahren der Hochdruckzerstäubung arbeiten, bildet die Vickers-Maschine. Wie aus dem 1911 von Vickers in Deutschland beantragten, aber zu Fall gebrachten Patente hervorgeht, ist der Arbeitsvorgang bei der Vickers-Maschine grundsätzlich genau so, wie heute bei den Maschinen mit Hochdruckzerstäubung. In beiden Fällen wird unter hohem Druck — Vickers gibt 200 bis 600 at an — Brennstoff in die hochverdichtete Ladung des Arbeitszylinders zerstäubt und auf diese Weise zur Zündung gebracht.

Als wesentliche Unterschiede gegenüber der heutigen Bauart werden hervorgehoben, daß Vickers eine gesteuerte Einspritznadel verwendet und deshalb gezwungen ist, dem Zerstäuberorgan einen Behälter, Akkumulator, vorzuschalten, worin der Brennstoff unter Druck aufgespeichert wird. Daß sich, wenn die Nadel einmal hängen bleibt, der Akkumulator in das Zylinderinnere entleert und dort infolge sofort eintretender hoher Drucksteigerungen Zerstörungen hervorbringen kann, ist kaum zu befürchten; denn der Akkumulator ist nichts andres, als ein erweitertes Rohr mit federnden Wänden, dessen Rauminhalt der Brennstoffmenge für eine einzige Zündung entspricht. Das Hängenbleiben der Nadel hat also nicht viel auf sich, und es ist deshalb auch nie bekannt geworden, daß Vickers-Maschinen aus diesem Grunde beschädigt seien.

Die Bedenken, die gegen die Vickers-Maschine mit Recht geltend gemacht werden, liegen auf ganz anderm Gebiet. Sie richten sich gegen das auch bei den neueren Abarten dieser Maschine benutzte Arbeitsverfahren, also gegen die Einspritzung des Brennstoffes unter so gewaltigen Drücken.

Was schon Diesel über das Unfruchtbare der Bemühungen, mit hohen Pumpendrücken zu arbeiten und den Brennstoff der Maschine auf rein hydraulischem Wege zuzuführen, gesagt hat, kann man nicht mit dem Hinweis auf die Vervollkommnung von Entwurf und Herstellung der Brennstoffpumpen abtun. Pumpen für Drücke von 300 at bleiben, auch wenn sie noch so sorgfältig hergestellt sind, empfindliche Bestandteile einer Maschine. Die hohen Drücke rufen Störungen und Veränderungen an den Pumpen und auch an den Zerstäubern hervor, die aus Rücksicht auf den Grad der Zerstäubung mit so feinen Bohrungen versehen sein müssen, daß sich selbst kleinste Verunreinigungen des Brennstoffes, die auch bei sorgfältigster Filtration durchschlüpfen, darin festsetzen. Tritt Nachtropfen ein, das man auch bei geschlossenen Düsen nicht ganz vermeiden kann, so verkokt die Düse und wird unbrauchbar. Bei geschlossenen Düsen werden die Nadeln oder deren Sitze durch die hohen Drücke, gegen die sie abdichten müssen, bald beschädigt und undicht, auch wenn die größte Sorgfalt hinsichtlich der Materialauswahl und Herstellung beachtet wird. Hohe Drücke in der Brennstoffzuführung führen leicht zu Leckverlusten. Kurzum, die Maschinen sind wegen der hohen Pumpendrücke empfindlich und neigen zu Rauchentwicklung.

Der Grad der Zerstäubung, der bei diesen Maschinen allein die Güte der Verbrennung bestimmt, hängt bei gegebenen Düsenquerschnitten wesentlich auch von der Beschaffenheit des Brennstoffes ab. Änderungen seiner Viskosität haben Änderungen der Wurfweite des Strahles, seiner Streuung, seiner Zerreißung in kleinste Tröpfchen und des Pumpendruckes zur Folge. Deshalb sind die Maschinen mit Hochdruckzerstäubung auch in dieser Beziehung empfindlich. Die halbkugelige Ausbildung des Kolbenbodens ist gewiß günstig für die Ausbreitung der Brennstoffstrahlen im Brennraum, kann aber die Ursachen der Empfindlichkeit und Betriebsunsicherheit der Maschine nicht beseitigen.

Die Firma Gebr. Körting A.-G. hat Maschinen mit Hochdruckzerstäubung schon vor Anmeldung des Vickers-Patentes gebaut und untersucht und aus jahrelanger Erfahrung die Schwierigkeiten kennengelernt, die bei solchen Maschinen auf die Dauer im Betrieb auftreten. Bei diesen Maschinen hatte man zuerst durch trichterförmige Ausbildung des Verbrennungsraumes und später durch halbkugelige Gestaltung des Kolbenbodens auf die richtige Entwicklung des Brennstoffstrahles Rücksicht genommen, und die Zerstäubung erfolgte durch ungesteuerte, geschlossene Ein- und Mehrlochdüsen mit den heute bei Maschinen mit reiner Strahlzerstäubung benutzten feinen Düsenöffnungen.

Daß der Bau solcher Maschinen nicht aufgenommen wurde, erklärt sich aus dem Bestreben, unempfindliche Maschinen zu schaffen, die mit niedrigen Pumpendrücken — 50 bis 60 at — arbeiten und Düsen von so feinen Bohrungen, wie bei der Hochdruckzerstäubung, vermeiden. Der Querschnitt der Körtingschen Einlochdüse mit ungesteuerter Nadel ist viele Male größer als der von Hochdruckdüsen.

Ein Zündkammerverfahren hat hierfür die Lösung gebracht. Die Körtingsche kompressorlose Ölmaschine hat keine Brennereinsätze oder sonstige glühende oder stark erhitzte, dem Abzundern ausgesetzte Flächen. Die Zündkammer ist vielmehr mit dem Verbindungskanal zwischen ihr und dem Zylinder allseitig wassergekühlt. Die Zündung erfolgt deshalb bei diesen Maschinen genau wie bei Luft-Dieselmaschinen durch die hohe Temperatur der verdichteten Verbrennungsluft. Die Maschinen haben also mit dem Glühkopfmotor nichts zu tun. Die Verbrennungsluft wird ebenso hoch verdichtet, wie bei der Luft-Dieselmaschine, und so hohe Verdichtung hat man durch Jahrzehnte ohne Schwierigkeit beherrscht.

Das Verfahren gestattet, die gleiche Maschine mit Leichtbenzin, Gasöl, Braunkohlenteeröl, Steinkohlenteeröl, schweren mexikanischen und argentinischen Rohölen, Vertikalofenteer, ja selbst mit salbenartigem Generatorteer, letzterer selbstverständlich angewärmt, zu betreiben, ohne sie zum Zwecke der Umschaltung von einem Brennstoff auf den andern außer Betrieb zu setzen oder zu verändern. Die Verbrennung bleibt dabei von Leerlauf bis Vollast und darüber rauchfrei und der Verbrauch, in Wärmeeinheiten ausgedrückt, für verschiedene Belastungen und Brennstoffe gleich. Einen besseren Beweis für die Unempfindlichkeit der Maschine gegenüber den physikalischen oder chemischen Veränderungen des Brennstoffes gibt es wohl nicht.

Das Arbeitsverfahren gestattet, nach Belieben im Gleichdruck, mit mäßiger oder höherer Drucksteigerung zu arbeiten, je nach Regelung der Brennstoffzufuhr. Am wirtschaftlichsten, ruhigsten laufen die Maschinen mit einer Drucksteigerung von etwa 5 at. Bei Vorverdichtung von 35 at ergeben sich damit Höchstdrücke von rd. 40 at. Das Arbeitsdiagramm einer solchen Maschine, Abb. 1, zeigt in dem gleichmäßigen Verlauf sowie in dem sanften Übergang von Verdichtung zu Zündung und Expansion, daß das Arbeitsverfahren der Maschine der altbewährten Luft-Dieselmaschine näherkommt als bei Maschinen mit Hochdruckzerstäubung, deren Arbeitsvorgang zwischen dem einer Luft-Dieselmaschine und dem eines Explosionsmotors steht.

Abb. 1. Arbeitsdiagramm der Körtingschen Vorkammer-Dieselmaschine.

Wollte man bei Maschinen mit Hochdruckzerstäubung statt mit der niedrigeren

[1] Die nachstehenden Mitteilungen beruhen auf einem Beitrag des Verfassers zur Aussprache über den Vortrag von Fr. Schultz im Hamburger Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure, s. S. 1289 dieses Heftes.

Abb. 2. Brennstoffverbrauch einer Körtingschen Zweizylinder-Zündkammer-Dieselmaschine von 300 PS bei 160 Uml./min auf Grund von Versuchen von Prof. Neumann.

Abb. 3. 1000 PS-Zündkammermaschine von Gebr. Körting. Vier Zylinder von 1,080 m³ Gesamthubraum, 150 Uml./min.

Vorverdichtung von 25 at mit höheren Verdichtungsdrücken arbeiten, so hätte man noch größere Schwierigkeiten bei der hydraulischen Brennstoffzuführung, nämlich höheren Pumpendruck und kleinere Düsenöffnungen, ferner infolge der explosionsartigen Verbrennung höhere Höchstdrücke, also eine empfindlichere Maschine. Man würde deshalb vielleicht auch bei solcher Maschine gern statt der Mehrlochdüsen, die schon bei Luft-Dieselmaschinen unerwünscht waren, Einlochdüsen verwenden, da diese für gleichen Pumpendruck und gleichen Durchmesser des einzelnen Düsenloches eine längere Einspritzdauer und damit höhere Verdichtung und geringere Drucksteigerung zulassen. Mit Einlochdüsen könnte man aber ausreichende Zerstäubung und Verteilung des Brennstoffes im Brennraum nicht erreichen und muß deshalb mehrere Strahlenbündel, kurze Einspritzdauer und explosionsartige Verbrennung in den Kauf nehmen.

Wenn man unter diesen Umständen Teeröl oder ähnliche schwer entzündliche Öle verbrennen will, so muß man notgedrungen die Verdichtung erhöhen, was die schon geschilderten Schwierigkeiten bedingt, oder zu ähnlichen Hilfsmitteln greifen, wie bei Luft-Dieselmaschinen. Bei der Zündkammermaschine reicht dagegen die Endtemperatur der Verdichtung auf 35 at aus, um die Zündung von solchen Brennstoffen einzuleiten, man kann sie aber auch ohne Bedenken heraufsetzen, da man nach Belieben mit mäßiger, nötigenfalls ganz ohne Drucksteigerung arbeiten kann. In dieser Beziehung kommt der Maschine auch die Zerstäubung durch heiße Kammergase zugute.

Abb. 4. Zündkammermaschine von 16 PS bei 1000 Uml./min von Gebr. Körting.

Im Brennstoffverbauch unterscheidet sich die Körtingsche Zündkammermaschine in den Grenzen der Beobachtungsfehler nicht von den Maschinen mit Hochdruckzerstäubung, Abb. 2. Die Untersuchung erstreckte sich auf eine Zweizylindermaschine von 300 PS bei 160 Uml./min und wurde von Prof. Dr. Neumann vorgenommen. Der Brennstoffverbrauch spielt aber im übrigen nicht die Rolle wie die Betriebsicherheit und Unempfindlichkeit einer Maschine. Wertvoll ist, daß die Zündkammermaschine nicht nur wirtschaftlich arbeitet, sondern daß ihre Zuverlässigkeit nicht gleich leidet, wenn etwa der Treiböllieferer wechselt. Man braucht nicht alle paar Tage die Düsen auszuwechseln, damit die Maschine nicht raucht, und man hat keine Schwierigkeiten mit den Pumpen und Zerstäubern.

Wie bei allen kompressorlosen Maschinen steigt der Verbrauch bei geringeren Belastungen nur wenig, weil die Luftpumpen fehlen, deren Arbeit bei der Luft-Dieselmaschine den Brennstoffverbrauch bei sinkender Belastung in zunehmendem Grade verschlechtert; die Unterschiede im spezifischen Verbrauch bei Vollast und Halblast sind daher nur gering. Auch hinsichtlich der Überlastbarkeit stehen die Zündkammermaschinen nicht hinter den Maschinen mit Hochdruckzerstäubung zurück. Prof. Neumann hat erst neuerdings an einer Maschine dieser Bauart eine Überlastbarkeit von mehr als 30 vH bei rauchfreiem Auspuff festgestellt.

Als Beweis für die Entwicklungsmöglichkeit der Zündkammermaschine sei mitgeteilt, daß vor kurzem eine 1000 PS-Maschine dieser Art mit vier Zylindern und 150 Uml./min abgeliefert worden ist, Abb. 3, die einwandfrei arbeitet und nach Messungen von Prof. Neumann 166 g/PS$_e$h bei etwa $^4/_5$ Belastung verbraucht. Diese Maschine hat einen Hubrauminhalt von 270 l in jedem Zylinder. Die größte bis jetzt in Deutschland gebaute und im Betriebe befindliche Maschine mit reiner Strahlzerstäubung hat dagegen nur einen Hubrauminhalt von 60 l im Zylinder. Inwieweit es möglich ist, Maschinen mit Strahlzerstäubung mit größeren Zylindern zu bauen, wird davon abhängen, ob es gelingt, die Wärmestauung im Kolben, die infolge der explosionsartigen, Stichflammen bildenden Verbrennung der einzelnen Strahlenbündel auftritt, zu beherrschen, ohne deren günstige glühkopfartige Rückwirkung auf die Zündung zu beeinträchtigen.

Was die Drehzahlregelung und das Anlassen angeht, so ist zu bemerken, daß nicht nur bei der Schrägnockenregelung, sondern auch bei der Überströmregelung trotz einer gewissen Entlastung des Überströmventiles hohe Rückdrücke auf den Regler entstehen, die man bei der Spindelregelung vermeidet. Diese Regelung erfüllt bei Zündkammermaschinen alle Anforderungen hinsichtlich der Drehzahlregelung, insbesondre auch beim Anlassen, läßt sich aber wegen der hohen Pumpendrücke bei Maschinen mit Hochdruckzerstäubung nicht anwenden. Die einfache Spindelregelung hat sich bei Zündkammer-

maschinen durchaus bewährt; im Pumpwerk Wilmersdorf wird zurzeit die Drehzahl einer Zweizylindermaschine von 200 PS bei 180 Uml./min bequem bis auf 50 Uml./min geregelt. Die Zuverlässigkeit des Anlassens dieser Maschinen wird dadurch bewiesen, daß sie statt mit Druckluft von 10 at auch noch mit 7 at ohne Schwierigkeit unter Last, nicht etwa nur im Leerlauf, anlaufen.

Wo zum Anlassen der Zündkammermaschine keine Zündpatrone gewünscht wird, kann man ohne weiteres darauf verzichten. Kleine Maschinen bis zu 18 PS, bei denen der Wärmeübergang ungünstiger ist und die mit der Hand angedreht werden, erhalten sie allerdings stets. Wo man mit Druckluft anlassen kann, ist das Zündpapier, eine eigentliche Zündpatrone kommt überhaupt nicht in Frage, nicht nötig; die Maschinen springen nach wenigen Drucklufthüben glatt an. Das Zündpapier spart aber Druckluft und sichert das Anspringen bei großer Kälte.

Wichtig für die Entwicklung des Motorenbaues ist auch die Möglichkeit sehr hoher Drehzahlen. Sie ist bei Zündkammermaschinen gegeben, während bei Maschinen mit Hochdruckzerstäubung die Brennstoffpumpen und die gesamte Brennstoffzuführung diese Entwicklung erschweren. Da die Zylinder von Fahrzeugmaschinen klein und die Wärmeverhältnisse deshalb ungünstig sind, braucht man eine Zündvorrichtung beim Anlassen, z. B. einen durch Strom zum Glühen gebrachten Draht, sonst aber kann man Zündkammermaschinen in der Art der Automobilmotoren für 1000 Uml./min und mehr bauen, Abb. 4. [B 193]

Vorrichtungen.

Der Begriff „Vorrichtung" wird in der Technik in so verschiedenartigen Bedeutungen gebraucht, daß es schwierig erscheint, eine planmäßige Übersicht des Vorrichtungswesens aufzustellen. In einem Aufsatz „Begriff und Umfang der Vorrichtungen"[1]) befaßt sich Dr.-Ing. H. Brasch, Dresden, mit der Lösung dieser Aufgabe, insbesondere hinsichtlich der Vorrichtungen für die spanabhebende Metallbearbeitung. Dabei unterscheidet Brasch zwischen Maschinenausstattungen (z. B. Schleifvorrichtungen an Hobelmaschinen oder Drehbänken, Mehrfachstahlhalter), Spannvorrichtungen (z. B. Planscheiben, Drehbankfutter, Kipptische), Aufspannmitteln (z. B. Spannbügel, Drehherzen) und echten Vorrichtungen (z. B. Bohrkästen, Fräs- und Drehvorrichtungen). Die Aufspannmittel sollen das Festhalten von Werkstücken ermöglichen, die vorher in die für die richtige Bearbeitung erforderliche Lage gebracht werden müssen. Zweck der Spannvorrichtungen ist die rasche und zuverlässige Aufnahme von Werkstücken mit leichter Auswechselbarkeit ohne Anwendung besonderer Aufspannmittel. Beide Arten von Vorrichtungen können zur Verwendung an jeder Werkzeugmaschine von besonderen Vorrichtungsbau-Werkstätten hergestellt werden. Die echten Vorrichtungen oder Vorrichtungen im engeren Sinne dienen meist einem bestimmten Sonderzweck und werden dementsprechend vielfach von der verbrauchenden Firma selbst hergestellt, häufig nur behelfsmäßig.

Die Vorrichtungen im engeren Sinne gliedern sich je nach ihrem Verwendungszweck in solche für die Bearbeitung jeweils eines Werkstückes, wobei auch mehrere Arbeitsgänge mit einer Vorrichtung ausgeführt werden können, und in solche für die gleichzeitige Bearbeitung einer Reihe von Werkstücken in einer Aufspannung. Um während des Auswechselns der Werkstücke ein Stillstehen der Maschine zu vermeiden, werden insbesondere an Bohr-, Fräs- und Schleifmaschinen, bei denen der Hauptantrieb auf das Werkzeug wirkt, Schwenk- oder Wechselvorrichtungen ausgeführt. Die höchste Stufe der Vorrichtungen für die Massenfertigung stellen die Laufvorrichtungen dar. Sie sind jedoch auf bestimmte Arbeitsweisen oder auf die Verwendung halbselbsttätiger Sondermaschinen beschränkt.

Die konstruktive Durchbildung, auf die Brasch unter Hinweis auf den zu benutzenden Werkstoff und die Vereinheitlichung der Elemente kurz eingeht, wird von Dr.-Ing. O. Beck, München, in einem Aufsatz „Grundlinien der Vorrichtungskonstruktion"[2]) ausführlich behandelt. Beck versteht unter Vorrichtungen nur solche Elemente, die eine Bewegung mitmachen können, aber im übrigen nur die Beibehaltung einer bestimmten Lage des Werkstückes während der Bearbeitung gewährleisten sollen.

RMB 1620 Z 15-17

Abb. 1 bis 3. Schere als Spannmittel, durch Exzenter, Keilscheibe und Schraube betätigt.

Eine Hauptgruppe der Spannvorrichtungen für sich drehende Werkstücke umfaßt Drehen, Schleifen, Rundfräsen, Rundhobeln und soll das Werkstück

1. zu einwandfreiem Rundlauf zwingen
   a) dadurch, daß die Spannkupplung das Werkstück zentriert,
   b) dadurch, daß die Kupplung selbst keine exzentrisch schlagenden Massen aufweist;
2. in axialer Richtung festhalten, damit ein einwandfreies Drehen auf Länge möglich ist.

Die zweite Bedingung läßt es ratsam erscheinen, gesonderte Körnerspitzen oder besser noch Kugellagerkörner vorzusehen. Beck vergleicht diese Vorrichtungen mit Kupplungen und überträgt die bei der Durchbildung gebräuchlicher Kupplungen gemachten Erfahrungen auf die Konstruktion von Spannvorrichtungen. Er stellt die Zwei- und Mehrbackenfutter den Hill- oder Dohmen-Leblanc-Kupplungen, die Drehherzen den Mitnehmer- und Klauenkupplungen, die federnden Spannpatronen und die sich ausdehnenden Dorne den Spreizkupplungen gegenüber. Eine von den Gestaltungsaufgaben für gewöhnliche Wellenkupplungen abweichende Forderung ist das Suchen geeigneter Kuppelflächen. Als solche gelten die Berührungsstellen zwischen Werkstück und Spannvorrichtung, zwischen den spannenden Elementen und dem Vorrichtungskörper sowie zwischen diesem und der Werkzeugmaschine. Jede Spannkupplung soll in ihren Elementen nach den auftretenden Drücken und in ihren Kuppelflächen nach den oben genannten Grundsätzen gebaut werden; sie ist auf Einfachheit, Bruch- und Unfallsicherheit, Genauigkeit hinsichtlich der gelieferten Arbeit und Schnellspannung zu prüfen.

Die zweite Hauptgruppe der Spannvorrichtungen gilt für stillstehende und hin- und hergehende Werkstücke, wie sie in der Bohrerei und Fräserei gebraucht werden; der Vergleich mit der Kupplung ist hier nicht anzuwenden. Die Forderung nach Festlegung und Festhaltung gegenüber den beim Bearbeiten auftretenden Drücken wird dadurch erreicht, daß an der Vorrichtung Auflage, Anlage und Spannmechanismus angebracht werden. Der Spannmechanismus muß besonders auch die Schwingungen aufnehmen, die durch das Ölpolster in den Tischführungen, durch Hohlauflage der Vorrichtungsgrundplatte, durch brückenartige Form des Werkstückes und vor allem durch ein abwechselnd drückendes und schneidendes Arbeiten sowie zu weite Zahnteilung oder zu geringe Schnittiefe des Fräsers hervorgerufen werden.

Beim Spannmechanismus ist zu unterscheiden zwischen den das Festhalten einleitenden Elementen: Keil, Keilscheibe, Exzenter, Spannhaken und Schraube, und den die Spannkräfte übertragenden Elementen. Eine besondere Spannweise ist die Zentrierspannung, durch die das Werkstück ohne Rücksicht auf seine Abweichungen in den Roh- und Fertigabmessungen stets in das theoretische Mittel unter den Bohrer oder Fräser gerückt und dort festgehalten wird. Hierbei werden die gleichen Spannelemente verwendet, und zwar in spiegelbildlicher Versetzung, s. Abb. 1 bis 3, deren Gesamtanordnung als „Schere" bezeichnet wird.

Die an jede Vorrichtung zu stellende Hauptforderung ist die Einstellbarkeit. Sie ist bedingt durch die Abnutzung an den Reibungsstellen und soll etwa hierdurch hervorgerufene Änderungen in den Abmessungen ausgleichen, um ein gleichmäßiges genaues Arbeiten der Vorrichtungen zu gewährleisten. [M 798] R. S.

[1]) „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 611.

[2]) „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 616.

Vierradbremsen für Kraftwagen.

Von Dr. techn. A. Heller, Berlin.

Vorderradbremsen mit beweglich und mit fest angetriebenem Bremsdaumen — Ausgleich der Bremswirkungen — Normung der Vorderachsen.

Für die Hebung der Sicherheit im Kraftwagenverkehr hat der Gedanke, die beiden Achsen des Kraftwagens, statt wie bisher nur die treibende Hinterachse, zu bremsen, in den letzten Jahren große technische Bedeutung erlangt, da man so durch Ausnutzung der gesamten Bodenreibung höhere Verzögerungskräfte auf das Fahrzeug ausüben kann. Obgleich ähnliche Vorschläge im Laufe der Entwicklung des Kraftwagens schon oft wiedergekehrt und auch namentlich für Rennwagen wiederholt praktisch erprobt wurden, hat erst die neuere starke Vermehrung des Kraftwagenverkehrs in großen Städten das wirklich praktische Bedürfnis dafür geschaffen, schnelleren Übergang von der hohen zur niedrigsten Fahrgeschwindigkeit zu ermöglichen und so die Gefahren des lebhaften Kraftverkehrs einzuschränken. Die Gefahr, daß sich die vorhandenen Straßen bei weiterer Zunahme des Verkehrs mit Kraftwagen verstopfen, hat auch schon wiederholt den Gedanken nahegelegt, eine Mindestgeschwindigkeit für den durchgehenden Kraftfahrzeugverkehr vorzuschreiben, die wesentlich über der mittleren Fahrgeschwindigkeit andrer Fuhrwerke liegt. Auch dies würde mit großer Schnelligkeit wirkende Bremsvorrichtungen unerläßlich machen.

Heute dürfte die Erkenntnis, daß Vierradbremsung beim gewöhnlichen Gebrauchskraftwagen einem wichtigen praktischen Bedürfnis entspricht, Allgemeingut geworden sein. In hohem Maße haben aber zur Verbreitung dieser Erkenntnis die gesteigerte Betriebsicherheit der vorhandenen Bauarten und der Umstand beigetragen, daß sich die früheren Vorurteile gegen das Bremsen der Vorderräder, die als Lenkräder für die Sicherheit des Wagens besonders wichtig sind, nicht mehr aufrechterhalten lassen.

Bei den älteren ziemlich hoch gebauten Kraftwagen war es tatsächlich nicht ganz ohne Bedenken, durch Bremsen der Vorderachse übermäßig starke Verzögerungen des Wagens hervorzurufen, die bestrebt sind, den Wagen um die Vorderachse als Drehachse überschlagen zu lassen und insofern eine Neigung unterstützen, die der Wagen ohnedies wegen seines verhältnismäßig hoch liegenden Gesamtschwerpunktes haben mußte. Dieses Bedenken kann aber heute, wo man gelernt hat, Wagen mit sehr tief liegendem Gesamtschwerpunkt zu bauen, im allgemeinen als überwunden gelten. Es kommt hierbei noch hinzu, daß niemand ernstlich daran denken würde, bei einem schnellfahrenden Kraftwagen nur an der Vorderachse zu bremsen, und daß im allgemeinen, abgesehen von Notfällen, beim Bremsen beider Achsen wesentlich kleinere Bremsmomente in Frage kommen, als wenn nur eine Achse gebremst würde.

Auch die Gestaltungsschwierigkeiten der Aufgabe, die Bremsvorrichtung an den lenkbaren Vorderrädern so anzubringen, daß sie bei beliebiger Winkeleinstellung dieser Räder gleich gut wirksam bleibt, und umgekehrt, auch wenn gerade gebremst wird, das Lenken des Wagens nicht erschwert oder gar verhindert, dürfte man heute als gelöst ansehen können. Soweit es sich um Bremsvorrichtungen mit innen liegenden festen Bremsbacken handelt, die in der überwiegenden Mehrzahl angewendet werden, kann man heute folgende Hauptarten der Lösungen unterscheiden:

1. Der Daumen, der dazu dient, die Enden der Bremsbacken auseinanderzutreiben und dadurch die Backen gegen die Innenwand der Bremstrommel zu pressen, wird gelenkig mit der Welle verbunden, mit der man den Daumen verdreht.
2. Der Daumen wird fest mit seiner Welle verbunden.

Bremsen mit gelenkigem Daumenantrieb.

Bei der ersten Art der Ausführung, deren Wirkungsweise an dem Beispiel der in dieser Zeitschrift Bd. 69 (1925) S. 593 bereits dargestellten und kurz beschriebenen Perrot-Bremse, Abb. 1 bis 4, erläutert werden möge[1]), bildet der in der üblichen Weise als Prisma von olivenförmigem Querschnitt ausgebildete Bremsdaumen *a* den Teil eines

[1]) Die Bremse wird von der Firma Fulmina-Werke, Mannheim, hergestellt.

Abb. 1 bis **4.** Perrot-Vierradbremse für Kraftwagen.

a Bremsdaumen *b* Achsschenkel *c* Welle *d* Hebel *e* Längsträger *f* Kugelkappen *g, h* Bremsbacken *i* Gehäuse *k* Bremstrommel *l* Zapfen *m* Verbindungszapfen.

Kugelgelenkes, dessen Mitte genau in der Verlängerung der Mitte des Achsschenkels *b* liegt, um dessen Mitte also das Rad beim Lenken geschwenkt werden kann, ohne daß sich an der Lage der Bremsteile irgend etwas verändert. Die Welle *c*, die man mittels des auf angefräste Zahnungen aufgeklemmten Hebels *d* verdreht, um die Bremse zu betätigen, ist am inneren Ende mittels einer Kugel am Längsträger *e* des Wagenrahmens gelagert und kann in der Längsrichtung etwas nachgeben, da sich unter der Einwirkung des Federspiels der Abstand zwischen der Außenkante des Rahmens und der Mitte des Kugelgelenkes an der Bremse ein wenig verändert. Die beiden Kugelgelenke der Welle sind durch federnd nachgiebige Kugelkappen *f* gegen Eindringen von Staub usw. geschützt.

Die beschriebene Anordnung des Bremswerkes erfüllt somit die obengenannten Anforderungen, soweit nicht die Kräfte in der Bremswelle *c* die Beweglichkeit der Gelenkverbindung zwischen der Welle *c* und dem Bremsdaumen *a* und dadurch das Steuern während des Bremsens erschweren, was nicht ausgeschlossen scheint. Nachteilig dürfte ferner die verhältnismäßig große Zahl der gegeneinander beweglichen und auf Schmierung angewiesenen Einzelteile sein, aus denen sich hier der Antrieb des Bremsdaumens zusammensetzt; gerade bei dieser Einrichtung müßte mit Rücksicht auf die Sicherheit des Fahrens weitgehende Einfachheit der Bauart angestrebt werden, zumal, wie bekannt, die Pflege gerade bei diesen Teilen des Kraftwagen-Untergestells zumeist zu wünschen übrig läßt.

Die Bremsbacken *g* und *h*, die ungleich lang sind, sind an dem Gehäuse *i* gelagert, das gleichzeitig den inneren Abschluß der Bremstrommel *k* bildet. Nach dem bekannten Verfahren der Servobremsen bilden die beiden Backen eine Gelenkkette, die am vorderen Ende durch den Bremsdaumen gegen die Innenwand der Bremstrommel gedrückt wird und am hinteren Ende um den Zapfen *l* ausschwingen kann, während der hohl ausgeführte Verbindungszapfen *m* der beiden Backen gegenüber dem Bremsträger *i* beweglich ist und nur durch eine kleine Feder in die Ruhelage zurückgezogen wird.

Zieht man die Bremse an, so gelangt zunächst der kleinere Bremsbacken *g* mit der Bremstrommel in Berührung, und infolge des Bestrebens der Bremstrommel, diesen Bremsbacken in der gezeichneten Drehrichtung mitzunehmen, schwingt das ganze Bremsbackenpaar um den Zapfen *l* soweit aus, daß sich auch der große Bremsbacken *h* an die Trommel anlegt. Von diesem Zeitpunkt an wirkt die Bremse im wesentlichen wie eine gewöhnliche Backenbremse, mit dem Unterschied allerdings, daß die am Bremsnocken auszuübende Kraft bei gegebenem Bremsmoment verhältnismäßig kleiner sein darf, weil sich der Druck des großen Bremsbackens infolge der Rückwirkung des kleinen Bremsbackens ganz selbsttätig verstärkt.

Hiernach vollzieht sich das Bremsen eigentlich in getrennten Stufen, die sich, wenn der Belag der Bremsbacken abgenutzt ist, auch am Bremshebel deutlich unterscheiden lassen dürften, nämlich dem Anlegen des kleinen Bremsbackens, dem Herumschwenken der ganzen Gelenkkette und dem Eintreten der Bremse in die Arbeitstellung, worin beide Bremsbacken an der Trommel anliegen. Daß man durch Ausnutzen der Rückwirkung des kleinen Bremsbackens auf den großen Bremsmoment sparen kann, bedeutet ohne Zweifel einen Vorteil gegenüber den üblichen Bremsen, der z. B. beim Betrieb von schweren Kraftwagen im Gebirge wertvoll sein könnte. Es scheint aber noch zweifelhaft, ob man diesen Vorteil nicht doch dadurch etwas teuer erkauft, daß die beschriebene Anordnung nur in der einen Drehrichtung wirksam ist, und daß der Fahrer wegen des unvermeidlichen Spieles zwischen der ersten und der dritten Stufe der Bremsvorgänge die Stärke der Bremswirkung vielleicht nicht so feinfühlig wie bei gewöhnlichen Bremsen beherrscht.

Bremsen mit starrem Daumenantrieb.

Die zweite Art von Lösungen für Vorderradbremsen, bei der der Bremsdaumen fest mit der Welle verbunden ist, hat, wie z. B. die in Abb. 5 und 6 dargestellte Adex-Bremse zeigt, vor allem den Vorteil größerer Einfachheit im Aufbau[1]). Sie setzt aber eine besondre Gestaltung des Bremsdaumens voraus, wenn man erreichen will, daß man die Bremsbacken bei jeder Einstellung der Lenkräder gleich gut betätigen kann und daß sich der Betriebzustand der Bremse, gleichviel ob sie gelöst oder angezogen ist, während der Steuerbewegung des Fahrzeuges nicht verändert. Bei der vorliegenden Bremse wird diesen Forderungen in sehr einfacher Weise dadurch entsprochen, daß man den Bremsdaumen *a* als schiefen Zylinder ausführt, dessen Achse in die Verlängerung der Mittellinie des Achsschenkels b fällt und der sich, wenn er verdreht wird, im wesentlichen mit seinen abgerundeten oberen und unteren Kanten an die Arbeitsflächen (*l*, *m*) der Bremsbacken *c* und *d* anlegt.

In der Ruhestellung der Bremse berührt daher der Bremsdaumen die beiden Backen mit zwei Erzeugenden, wie namentlich aus Abb. 6 zu erkennen ist. Schwenkt man bei dieser Einstellung der Bremse das Fahrzeugrad um den Achsschenkel, so wandern die Berührungslinien auf dem Bremsdaumen herum, ohne daß die Bremsbacken ihre Lage ändern, da alle Stellen des Daumenmantels gleichen Abstand von der Mittellinie des Achsschenkels haben. Wird dann die Bremse angezogen, so legt sich der Daumen, der sich dabei nur um etwa 10 bis 12° verdreht, mit je einer Stelle der oberen und der unteren Kante gegen die Brems-

[1]) Die Herstellung dieser Bremse hat die Maschinenfabrik Vorwerk & Co. in Barmen übernommen.

Abb. 5 und **6.** Adex-Vierradbremse.

a Bremsdaumen *b* Achsschenkel *c*, *d* Bremsbacken *e* Bremstrommel *f* Bremswelle *g*, *h* Zapfen *i* Träger *k* Lederkappe *l*, *m* besonders gehärtete Stücke.

Abb. 7 und 8. Ansichten der Adex-Bremse von innen.

backen, die gegen die Innenwand der Bremstrommel *e* gedrückt werden, und auch an der hierdurch geschaffenen Einstellung der Bremsbacken kann sich dann durch das Verstellen des Fahrzeugrades nichts ändern, weil auch die arbeitenden Stellen des Bremsdaumens alle gleich weit von der Mittellinie des Achsschenkels entfernt sind.

Der wichtigste Vorteil dieser Bauart besteht darin, daß die Unabhängigkeit der Bremswirkung von allen Steuerbewegungen ebenso wie die Unabhängigkeit der Steuerbewegungen von allen Einstellungen der Bremse mit so wenigen Bauteilen erreicht werden kann. Die Unabhängigkeit der Bremse vom Federspiel ist ferner hier von vornherein gegeben, da die in einem sehr einfachen Stück mit dem Bremsnocken geschmiedete Bremswelle *f* unmittelbar an der Fahrzeugachse gelagert werden kann, die beim Federn ihre Lage gegenüber der Bremse nicht ändert, und diese Lagerstellen sind auch die einzigen Stellen des Bremsantriebes, die geschmiert werden.

Die Bremsbacken sind symmetrisch mittels der Zapfen *g* und *h* an dem aus Leichtlegierung gegossenen Träger *i* gelagert, der die Bremstrommel nach innen zu abschließt und durch dessen untere Öffnung die Bremswelle *f* eingeführt wird, siehe auch Abb. 7 und 8. Diese Öffnung wird durch eine Lederkappe *k* staubdicht abgeschlossen. Damit sich die Bremsbacken sanft gegen die Trommel legen und die Bremswirkung nur allmählich gesteigert werden kann, sind sie gegen die Mitte der Bremstrommel derart versetzt, daß sie immer zuerst mit dem oberen Ende des Belages die Innenseite der Trommel berühren müssen, wenn man die Bremse anzieht. Durch diesen Kunstgriff erreicht man, abgesehen davon, daß man den Bremsbelag bis zur äußersten Kante des Bremsbackens ausnutzen kann, ungefähr die gleiche sanfte Anzugwirkung, die man bei der Servobremse anstrebt, ohne deren Nachteil der Wirksamkeit in einer einzigen Drehrichtung in den Kauf nehmen zu müssen.

Die Arbeitsflächen der Bremsbacken, gegen die sich der Bremsdaumen anlegt, sind auf besondern gehärteten Stücken *l* und *m* angeordnet; diese kann man nach Lösen der Klemmschrauben leicht verschieben und dabei, da sie auf der Rückseite mit treppenförmigen Paßflächen versehen sind, einander nähern; auf diese Weise gleicht man zu gleicher Zeit die Abnutzungen der Arbeitsflächen und des Bremsbelages aus, was die Instandhaltung der Bremse wesentlich erleichtert.

Ausgleich der Bremswirkungen.

Ungeklärt, wie überhaupt die Ansichten über die Kräftewirkungen am Kraftwagen beim Bremsen, sind insbesondre auch die Meinungen darüber, ob und in welchem Maß ein Ausgleich der Bremswirkungen an der Vorder- und an der Hinterachse notwendig ist. Übereinstimmung der Ansichten herrscht wohl zurzeit nur darin, daß es für die Sicherheit des Kraftwagens nicht erwünscht wäre, die Vorderachse allein zu bremsen, daß man also die Vorderradbremse in irgendeiner Weise mit einer auf die Hinterräder wirkenden Bremse kuppeln müsse. Die einen sind nun dafür, die Bremswirkungen so gegeneinander abzustimmen, daß stets zuerst die Hinterachse und dann, natürlich mit geringerer Kraft, die Vorderachse gebremst werden soll, wobei ein Teil der möglichen größten Verzögerung nicht ausgenutzt werden kann. Die andern halten dagegen die Besorgnis, daß durch zu starkes Bremsen oder gar durch völliges Festhalten und Gleiten der Vorderräder die Steuerfähigkeit des Wagens gefährlich leiden könnte, für unbegründet. Bei der in steigendem Maße zur Anwendung kommenden Ballonbereifung liegt vielleicht auch tatsächlich diese Gefahr nicht mehr so nahe, weil diese Gummireifen wegen ihrer verhältnismäßig großen Auflagefläche gegen Gleiten höheren Schutz bieten.

Zieht man also aus dem Vorstehenden nur zunächst den Schluß, daß es in jedem Fall erwünscht ist, Vorder- und Hinterachsbremsen miteinander zu kuppeln, so erhebt sich gleich weiter die Frage, wie man diese Verbindung der beiden Arten von Bremsen auch dann sichern könnte, wenn irgendein Teil des Gestänges im kritischen Zeitpunkt versagt. Bei den üblichen Verbindungen zwischen Hinter- und Vorderachsbremsen kann man nicht verhindern, daß z. B. die Vorderbremsen angezogen werden, wenn das Gestänge der Hinterbremsen abreißt.

Dagegen empfehlen die Erbauer der Adex-Bremse, je eine vordere und die diagonal entgegengesetzte hintere Bremse durch gemeinsame Drahtseile miteinander zu verbinden, damit, falls e i n Seil abreißt, das Fahrzeug immer noch gleichzeitig vorn und hinten gebremst wird. Die beiden Seilzüge kreuzen einander etwa in der Mitte des Fahrzeuges, wo die Seile durch das Innere der Welle des Bremshebels geführt werden, und diese Welle hat in den Lagern etwas Spiel, so daß sich die Spannungen in den Seilzügen ohne das sonst notwendige, mitunter äußerst verwickelte Hebelwerk selbsttätig ausgleichen.

Abb. 9 und 10. Hauptmaße zur Normung der Vorderachsen.

I, II, III Paßstücke für das Federauflager bei verschiedenen Rahmenbreiten.

a Spurweite *b* Breite des Rahmens *c* Kröpfung
d Neigung des Achsschenkelbolzens *e* Sturz der Vorderräder

Auch über die Frage, ob man aus Rücksicht auf die Sicherheit Gestänge oder Drahtseile zum Betätigen von Bremsen vorziehen soll, kann man noch verschiedener Ansicht sein. Brüche bei plötzlichem, scharfem Anziehen der Bremsen sind wohl bei festem Gestänge leichter möglich, weil die Stangen zumeist an den Stellen, wo ihr Gewinde ansetzt, scharfe Querschnittänderungen aufweisen, die bei Drahtseilen wegen ihrer eigenartigen Befestigung in den Gestängegabeln in der Regel nicht vorkommen. Anderseits zieht man heute bei Bremsen die festen Gestänge vielfach den Drahtseilen vor, weil sie sich nicht so stark recken und daher nicht so oft nachgestellt zu werden brauchen. Indessen gibt es auch schon heute besondere Arten stark durchflochtener Drahtseile, die diesen Mangel nicht haben. Nicht zu vernachlässigen wäre auch der Umstand, daß das Gestänge der Bremsen, abgesehen von der Rücksicht auf Einfachheit, wenn es abgenutzt ist, störendes Geräusch verursacht, was bei Verwendung von Drahtseilen nicht in dem gleichen Maß einzutreten braucht.

Normung der Vorderachsen.

Die schwierige Lage, die der Wettbewerb des Auslandes für die deutsche Kraftwagenindustrie geschaffen hat, legt es gerade jetzt, wo sich der Übergang zur allgemeineren Einführung der Vierradbremsen vollzieht, besonders nahe, zu überlegen, ob im Rahmen der beim Verein Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller im Gange befindlichen Normungsarbeiten zwischen den beteiligten Fabriken gewisse Abkommen über die Hauptmaße von Vorderachsen getroffen werden könnten, die ermöglichen würden, diese Achsen vollkommen einbaufertig in Sonderwerkstätten in größeren Reihen zu erzeugen und dadurch zu verbilligen. Schon aus diesem Grunde wäre es vielleicht wertvoll, sich grundsätzlich auch über die Bauart der Vorderachsbremsen zu einigen. Vieles spricht dafür, hierbei die zuletzt beschriebene Bauart zu wählen, nicht nur, weil sie wesentlich weniger Einzelteile enthält, sondern auch, weil sie sich im Gegensatz zu der Servobremse gegebenenfalls dazu eignet, als einzige unmittelbar an den Wagenrädern angreifende Bremsvorrichtung mit dem Handhebel festgestellt zu werden, wie polizeilich vorgeschrieben ist, wenn man den Wagen auf der Straße allein stehen läßt.

Allerdings sind die Schwierigkeiten, die heutigen Bauarten der Vorderachsen deutscher Fabriken auf wenige der Größe nach abgestufte Formen zu vereinheitlichen, vorerst noch unübersehbar, da nicht nur die Hauptabmessungen, sondern auch Einzelteile der Achsen je nach dem Geschmack des Konstrukteurs und dem gerade vorliegenden Bedürfnis verschieden sind. Aller Voraussicht nach dürfte sich die Einigung nur in mehreren Stufen vollziehen lassen, indem man sich zunächst nur über gewisse wichtigste Hauptmaße einigt.

Solche Hauptmaße, die die Erzeugung von Vorderachsen für eine große Zahl von Fabriken ermöglichen würden, sind namentlich die Spurweite *a*, die nicht auf der Straßenoberfläche, sondern, wie in Abb. 9 und 10 angedeutet, in der Radachse zu messen wäre, und wofür das bereits international übliche Maß von 1420 mm bei allen Personenkraftwagen zwischen 6 und 22 PS Leistung nach der Steuerformel praktisch möglich wäre. Bei dieser Spurweite hätte man dann die Möglichkeit, je nach der Bauart der Räder geringe Änderungen der Spurweite zu erzielen.

Im Zusammenhang mit der Spurweite wird sich auch die Entfernung der Mitten der Achsschenkel leicht festlegen lassen. Wichtig wäre es ferner, die Breite *b* des Rahmens, die den Abstand der Federauflagen bestimmt, einheitlich abzustufen. Um bei den hier vorhandenen großen Unterschieden zu einigermaßen einheitlichen Achsenbauarten zu gelangen, könnte man z. B. nach dem Vorschlage der Maschinenfabrik Vorwerk & Co. das Federauflager für eine gewisse Zeit des Überganges etwas größer als unbedingt notwendig ausführen und mit geeigneten Paßstücken I bis III, siehe Abb. 9 und 10, versehen, die drei verschiedenen Rahmenbreiten entsprechen.

Sind erst diese Hauptmaße festgelegt, so wird man auch hinsichtlich der Einzelheiten der Achsenbauart, wie der Kröpfung *c*, der Neigung des Achsschenkelbolzens *d* und des Sturzes der Vorderräder *e* usw., viel leichter zu Übereinkommen gelangen. [B 922]

Die einheitliche Benennung technischer Gase.

Schon seit längerer Zeit wird in der Technik die verschiedenartige Benennung und Einteilung der technischen Gase als ein fühlbarer Mangel empfunden. Vertreter der einschlägigen Fachkreise haben daher versucht, auf diesem Gebiet Ordnung zu schaffen. In Österreich hat sich die mit dem Österreichischen Normenausschuß (Önig) eng zusammenarbeitende Gesellschaft für Wärmewirtschaft der Angelegenheit angenommen. Ein mit Vertretern namhafter Fachverbände zusammen aufgestellter Vorschlag über die Benennung technischer Gase wurde im Juni 1924 in Nürnberg angenommen. Dieser Vorschlag fand jedoch nicht die Zustimmung der deutschen Fachkreise, die in der Brennkrafttechnischen Gesellschaft E. V., Berlin, vereinigt sind. Der NDI glaubte daher, bevor der eine oder andre Vorschlag in das deutsche Normensammelwerk aufgenommen wird, die Stellungnahme weitester Fachkreise einholen zu sollen, und hat deshalb sowohl den in Nürnberg aufgestellten Vorschlag als auch die in Berlin von der Brennkrafttechnischen Gesellschaft ausgearbeitete Übersicht als Normenblattentwurf in den NDI-Mitteilungen Nr. 18, die der Zeitschrift „Maschinenbau" vom 3. September 1925 beigeheftet sind, veröffentlicht. Beide Vorschläge sind das Ergebnis eingehender Beratungen der beiden in Frage kommenden Ausschüsse. Stellungnahmen zu den beiden Entwürfen sind bis zum 31. Oktober 1925 an die Geschäftstelle des NDI, Berlin, zu richten. Danach wird dieser die beiden Ausschüsse, die die Vorschläge aufgestellt haben, zur gemeinsamen Schlußberatung und Aufstellung eines Normenblattes einladen.
[N 925] He.

Neuzeitliche deutsche Selbstentlader[1]).

Von Geheimrat M. Buhle, Professor an der Technischen Hochschule Dresden.

Neuere Bauarten von Schnellentleerern nach Henschel-Rathjens, Hoene-Borsig, Krupp-Barth, Ziehl, Lowa & Finckh, Linke-Hofmann-Lauchhammer A.-G., Rheinmetall A.-G., Both & Tilmann, Dortmunder Union, Siegener Eisenbahnbedarf A.-G., Wumag-Görlitz und Waggonfabrik A.-G. Uerdingen.

RZ 123 Z 1

Abb. 1. Eiserne Ausführung.

RZ 123 Z 2

Abb. 2. Holzausführung.

Abb. 1 und **2.** Kohlenkipper-Selbstentlader, Bauart Henschel-Rathjens.

Aus dem letzten Vierteljahrhundert liegen zahlreiche treffliche Lösungen im Bau von Selbstentladern vor. Auf einige von ihnen soll im folgenden etwas näher eingegangen werden.

Als beachtenswerte Konstruktion haben Henschel & Sohn, G. m. b. H., Kassel, einen Kipper-Selbstentlader mit 900 mm Spur auf den Markt gebracht. Abb. 1 zeigt die Bauart Henschel-Rathjens in Eisenausführung (mit Bremse) für 5 m³ Inhalt, Abb. 2 die Holzbauweise des Wagens. Bei dem H.-R.-Selbstentlader kippt der Ladekasten nach Betätigung eines Handhebels selbsttätig, kehrt nach der Entleerung ebenso wieder in die Ladestellung zurück und wird durch denselben Handhebel in beiden Endstellungen sicher verriegelt. Der Wagen hat einen auf drei Seiten geschlossenen Kasten, der um drei einseitig neben der Längsmitte des Untergestells angeordnete Stützlager gekippt werden kann. Die eine Längsseite des Kastens (Entladeseite) wird in der Lade- und Fahrtstellung durch eine vorn und hinten am Wagenuntergestell pendelnd aufgehängte Klappe verschlossen gehalten. Wagenkasten und Klappe sind an den Enden durch Lenkstangen miteinander verbunden.

Gemeinsam mit der Walter Hoene-A.-G., Berlin-Charlottenburg, fertigt die Firma A. Borsig G. m. b. H., Berlin-Tegel, nach einem Patent der Hoene-A.-G. Selbstentladewagen nach Abb. 3 und 4 an. Zunächst waren zwölf derartige Wagen für ein Braunkohlenwerk gebaut, die sich im allgemeinen Betrieb aufs allerbeste bewährt haben. Der Kasten faßt 7 m³; das Leergewicht des Wagens beträgt etwa 4,5 t, und zur Bedienung ist nur ein Mann erforderlich. Da die Braunkohlenwerke zur Großraumförderung überzugehen geneigt sind, wird A. Borsig Wagen für 10 m³ Fassungsraum ausbilden. Nach Auslösung der Sicherheitskupplung kann der Kippvorgang bequem durch einen Mann eingeleitet werden. Der Kasten kippt alsdann von selbst, so daß der Boden um etwa 45° geneigt steht. Infolge der Schwerpunktverschiebung des beladenen und unbeladenen Wagens hat der Wagenkasten im gekippten Zustand das Bestreben, sich wieder von selbst aufzurichten, so daß nur noch die zur Sicherung der wagerechten Lage des Kastens erforderlichen Handgriffe von dem Arbeiter ausgeführt zu werden brauchen.

Die stetig fortschreitende Entwicklung der Kruppschen Gußstahlfabrik in Essen und die gewaltige Ausdehnung des Gesamtwerkes durch Erweiterung und Angliederung von Hochofen- und Hüttenwerken, Kohlen- und Erzgruben, Steinbruchbetrieben, Ziegeleien, Schiffswerften

[1]) Dieser uns im Januar 1924 (d. h. vor Seddin) übersandte Beitrag konnte infolge einer Verkettung widriger Umstände leider erst jetzt zum Abdruck gelangen. D. Schrftltg.

RZ 123 Z 3

RZ 123 Z 4

Abb. 3 und **4.** Eiserner Selbstentladewagen, Bauart Hoene-Borsig.

Abb. 5. Ladestellung. Abb. 6. Seitenansicht. Abb. 7. Entladestellung.

Abb. 5 bis 7. Kruppscher Flachboden-Selbstentlader, Bauart Barth.

Abb. 8. Ladestellung. Abb. 9. Seitenansicht. Abb. 10. Entladestellung nach einer Seite.

Abb. 8 bis 10. Kruppscher Flachboden-Selbstentlader für beiderseitige Entleerung, Bauart Lowa.

und Maschinenfabriken erforderten schon frühzeitig den Unterhalt einer eigenen Abteilung für Wagenbau, Gleis- und Oberbauteile. Bereits 1865 wurde der Bau von Schwerlast- und Tiefladewagen aufgenommen, deren Tragfähigkeit auf 140 t gestiegen ist[1]). Neben diesen für die Beförderung hochwertiger Stückgüter bestimmten Wagen wurden gleichzeitig regel- und schmalspurige Selbstentlader für leicht- und schwerrutschende Massengüter gebaut. Eine durchaus fortschrittliche Neuerung sind die Flachboden-Selbstentleerer, die sich namentlich für backendes Schaufelgut eignen, Abb. 5 bis 7; sie werden für 1 bis 15 m³ Inhalt und für 600 bis 1435 mm Spur gebaut. Mit fünfundsiebzig solcher Betriebsmittel von 5 m³ Inhalt erreichte man im Abraumbetriebe bei 4 km Wegstrecke eine Leistung von 12000 m³ in der Doppelschicht. Ein Verschütten der Gleise ist bei der weit außen liegenden Entladekante des Bodens nicht möglich. Die Vorteile dieser Bauart sind:

1. Restlose Entleerung des Ladegutes nach einer Seite.
2. Verwendung als Stückgutwagen.
3. Vollständig ebener Boden, daher volle Ausnutzung des ganzen Fassungsraumes.
4. Durchgehende Zug- und Stoßvorrichtung.
5. Bewegliche Seitenwände, daher beim Entladen Vergrößerung der freien Austrittsöffnung.
6. Geringes Eigengewicht.
7. Kräftige Bauart, daher geringe Unterhaltungskosten und lange Lebensdauer.
8. Einfache Bedienung.

Durch Abb. 8 bis 10 möchte ich auf einen neuen Selbstentlader der zuletzt genannten Bauart aufmerksam machen, der von der Firma Fried. Krupp A.-G., Abteilung Lokomotiv- und Wagenbau (Lowa), nach eigenen Patenten hergestellt wird, und zwar zunächst für 15 t Ladegewicht, 18,5 t Tragfähigkeit und 15 m³ Rauminhalt (gestrichen voll gerechnet). In der Breite ist das Transit-, in der Höhe das Zechenprofil innegehalten. Diese Bauart ist im angestrengten Betrieb auf den eigenen und auf andern Werken erprobt worden.

Die Vorteile der nach Abb. 11 bis 13 gebauten Krupp-Zielschen Sattelboden-Selbstentlader liegen in folgendem:

1. Vielseitige Verwendungsmöglichkeit a) als Selbstentleerer mit hochgestelltem Eselsrücken, b) als Kopfentlader mit hochgestelltem Eselsrücken, c) als Kopfentlader mit ebenem Boden, d) als Stückgutwagen mit ebenem Boden;
2. einfache, der Bauart eines Regel-Güterwagens angepaßte Ausführung: a) „normale" Bremse, b) „normale" Höhe des Bodens über Schienenoberkante, c) durchgehende Zug- und Stoßvorrichtung, d) „normale" Radsätze, Lager und Federn;
3. geringe Abmessungen des Eselsrückens und damit großer Fassungsraum;
4. bewegliche Stirnwände, daher beim Entladen Vergrößerung der freien Abrutschöffnungen, daher weiter,
5. restlose Entleerung;
6. oben offene Seitentüren;
7. kräftige Bauart, also geringe Unterhaltungskosten und lange Lebensdauer;
8. einfache Bedienung.

Die Selbstentlader für Seitenentleerung mit festem Sattel, Abb. 14 bis 16, haben bei tiefer Schwerpunktlage einen großen Fassungsraum, gestatten eine Regelung der Entladegeschwindigkeit und lassen restlose Entleerung zu. Dasselbe gilt für die Krupp-Finckhschen Bodenentlader, Abb. 17 bis 19.

Der in Abb. 20 und 21 dargestellte, von der Linke-Hofmann-Lauchhammer-A.-G, Breslau, ganz aus Eisen gefertigte Wagen, der bei 60 m³ Inhalt ein Ladegewicht von 50 t hat, dient hauptsächlich zur Beförderung von Kohle. Es können jedoch auch andre, zum Selbstentladen weniger geeignete Güter darin gefahren werden. Zu diesem Zweck sind in jeder Seitenwand zwei doppelflügelige Türen vorgesehen, die ein Beladen des Wagens mit derartigen Gütern leichter ermöglichen. Die senkrechten Kastenwände sind als Blechträger ausgebildet; daher erübrigt sich ein besonderes Traggestell. In den geneigten Wänden des Kastens sind auf jeder Seite zwei Entladeöffnungen von je 3000×920 mm² Querschnitt vor-

[1]) Vgl. Buhle, Z. Bd. 46 (1902) S. 1214 u. f., ebenda Bd. 43 (1899) S. 1249 u. f., Bd. 45 (1901) S. 733 u. f., Stahl u. Eisen Bd. 26 (1906) S. 641 u. f. u. Bautechnik Bd. 1 (1923) S. 522 u. f., sowie Fördertechnik u. Frachtverkehr Bd. 15 (1923) S. 201 u. f.

Abb. 11. Ladestellung. Abb. 12. Seitenansicht. Abb. 13. Nach beiden Seiten entleerend.

Abb. 11 bis 13. Sattelboden-Selbstentlader mit beweglichen Stirnwänden und mit ausschwingbaren oben offenen Türen als Seitenwänden, Bauart Krupp-Ziehl.

gesehen. Diese werden durch Klappen verschlossen, die an der Seitenwand mittels einer drehbar gelagerten Welle aufgehängt sind. Die Klappen werden durch Daumen, die an den Sattelflächen angebracht sind, für jede Wagenseite besonders verschlossen. Die Daumen werden vom Bremserstand aus beeinflußt; der Verschluß ist so eingerichtet, daß man nach der einen oder der andern oder nach beiden Seiten zugleich entladen kann.

Abb. 14. Ladestellung. Abb. 15. Seitenansicht. Abb. 16. Entladestellung.
Abb. 14 bis 16. Selbstentlader für Seitenentleerung mit festem Sattel.

Die Hauptabmessungen des regelspurigen zweiachsigen Selbstentladers der Rheinischen Metallwaren- und Maschinenfabrik („Rheinmetall"), Düsseldorf, von 20 t Tragkraft und 22,2 m³ Inhalt sind nachstehend angegeben:

lichte Kastenlänge	8 275	mm
lichte Kastenbreite	2 940	„
Länge des Wagens ohne Bremse (über die Puffer gemessen)	9 600	„
Länge des Wagens mit Bremse	10 000	„
größte Breite	3 075	„
größte Höhe	3 100	„
Radstand	4 100	„
Entfernung der Unterkanten der Abrutschbleche voneinander	2 650	„
Höhe Unterkante der Abrutschbleche über S.-O.	520	„
Blechdicke des Kastens	5 bis 7	„
Gewicht des Wagens ohne Bremse	13,90	t
Gewicht des Wagens mit Bremse	14,65	„

Die Entladung kann auch hier wahlweise nach der einen oder andern Seite oder gleichzeitig nach beiden Seiten stattfinden. Die Verschlußhebel sind so angeordnet, daß bei bequemer Handhabung eine unrichtige Betätigung und ein selbsttätiges Öffnen ausgeschlossen ist. Die Verschlußhebel werden von den Kopfseiten aus bedient; jede Kopfseite hat zwei Verschlußhebel. Mit einem dieser Hebel können zwei Klappen einer Wagenseite geöffnet werden; hierdurch entleert sich die Hälfte des Wageninhalts. Wird je ein Verschlußhebel einer Kopfwand betätigt, so öffnen sich vier Klappen, und der ganze Inhalt wird entleert. Die zu bedienenden Verschlußhebel liegen stets an der Seite, nach der entleert wird. Bei Anbringung von vier weiteren Verschlußhebeln kann jede beliebige Abteilung (d. h. ein Viertel des Wageninhalts) entleert werden — zu empfehlen z. B. zum Verteilen von Schotter während der Fahrt[1]).

Die Wagen werden wegen ihrer schweren Beanspruchung zweckmäßig mit Hülsenpuffern[2]) ausgerüstet, die sich im schweren Fahr- und Verschiebedienst bewährt haben.

In der Abteilung Waggonbau der Firma Both & Tilmann G. m. b. H., Dortmund, werden als Besonderheit Selbstentlader und Kübelwagen (siehe unten) für die Beförderung von Massengütern hergestellt. Bei zweiachsigen Selbstentladern sind seitlich je zwei, bei vierachsigen je drei Klappen vorgesehen, Abb. 22 bis 24. Besonderes Gewicht ist mit Rücksicht auf die rauhe Behandlung der Wagen auf eine kräftige Bauart gelegt, vor allem derjenigen Teile, die stärkerem Verschleiß ausgesetzt sind. Bei diesen Wagen sind ebenfalls Hülsenpuffer verwendet. Beim Öffnen der Klappen von der Plattform aus schwingen die Klappen infolge ihrer eigenen Schwere und des nachdrängenden Ladegutes aus und hängen sich selbsttätig ein. Nach der Entladung wird mittels eines Kurbelhebels die Aufhängung der Klappen gelöst, und sie werden mit leichtem Schwung in die vorläufige Verriegelstellung gebracht. Von der Plattform aus werden sie dann mittels Handrades, Spindel und Daumenwelle endgültig verschlossen.

Auch die Deutsch-Luxemburgische Bergwerks- und Hütten-A.-G. Dortmunder Union in Dortmund baut seit einiger Zeit Selbstentlader, z. B. zweiachsige Regelspurwagen für rd. 25 m³ Inhalt und 20 t Tragkraft; ferner dreiachsige Regelspurwagen für rd. 25 m³ Inhalt und 30 t Tragkraft, Abb. 25 und 26, desgleichen vierachsige Regelspurwagen mit rd. 22 m³ Inhalt und 35 t Tragkraft, z. B. für Salpeterwagen, Abb. 27 und 28.

Sehr kräftig gebaute sechsachsige Selbstentlader mit je 60 t Tragkraft und 34 m³ Inhalt liefert die Siegener

[1]) Vgl. Buhle, Dinglers polyt. Journ. Bd. 319 (1904) S. 432 Abb. 13 und 14.

[2]) Z. Bd. 66 (1922) S. 1136.

Abb. 17. Ladestellung. Abb. 18. Seitenansicht. Abb. 19. Entladestellung.
Abb. 17 bis 19. Selbstentlader für Bodenentleerung, Bauart Finckh.

Abb. 20 und 21. Vierachsiger LHL-Selbstentlader, Inhalt 60 m³ mit Überladung.

Abb. 22 bis 24. Vierachsiger Selbstentlader von Both & Tilmann, Dortmund. Inhalt 20,3 m³, Tragfähigkeit 40 t.

Abb. 25 und 26. Dreiachsiger Selbstentlader der Deutsch-Luxemburgischen Bergwerks- und Hütten-A.-G., Dortmunder Union. Inhalt 25 m³, Tragfähigkeit 30 t.

Eisenbahnbedarf-A.-G. Diese regelspurigen Wagen haben 8,2 m Gesamtradstand bei 2,6 m Drehgestellradstand und 6,2 m Abstand der Drehzapfenmitten; sie sind mit Kunze-Knorr-Luftdruckbremsen ausgestattet.

Das Braunkohlenwerk der Stadt Görlitz bei Kohlfurt beschaffte sich zum Befördern der Rohkohle einen Zug von vier Selbstentladewagen nach Abb. 29 der Waggon- und Maschinenbau A.-G. (Wumag) in Görlitz. Der Vierwagenzug besteht aus einem Bremswagen und drei Wagen ohne Bremseinrichtung. Um die Länge des Zuges und der Bunkeranlagen tunlichst zu beschränken, sind die vier Wagen untereinander durch eine Kurzkupplung verbunden, während der erste und der letzte Wagen an der freien Außenstirnwand mit normaler Zug- und Stoßvorrichtung ausgerüstet sind. Jeder Wagen hat einen Rauminhalt von 30 m³ und bringt mindestens 20 t Rohbraunkohle zur Entladestelle.

Abb. 29. Regelspur-Selbstentlader der Wumag, Entladeklappen geschlossen. Inhalt 30 m³, Tragfähigkeit 20 t.

Die Länge des Vierwagenzuges beträgt 29,9 m, über die Endpuffer gemessen. Der leere Bremswagen wiegt 11,4 t, jeder nicht gebremste Wagen im Mittel 10,6 t; das Gesamtgewicht des mit 80 t Kohle beladenen Zuges ohne Lokomotive stellt sich auf 123,2 t. Die Schrägflächen in den Wagen sind mit Rücksicht auf das in Frage kommende Gut mit 52° Neigungswinkel ausgeführt. Die Kasten aller Wagen haben senkrechte Seitenwände. Die zwischen den Rädern eingebauten Entladeklappen schlagen nach dem Öffnen noch um 14° über die Lotrechte hinaus, wodurch das augenblickliche, restlose Herausfallen der Kohle rechts und links vom Gleis in den Bunker gewährleistet ist und Gewölbebildung des Ladegutes vermieden wird[1]). Ein unbeabsichtigtes Öffnen des Verschlusses ist durch geeignete Vorkehrungen ausgeschlossen. Die Einrichtung zur späteren Unterbringung der Druckluftbetätigung des Klappenantriebes war schon von vornherein vorgesehen. Das Öffnen der Klappen, das Entleeren des Wagens und das Schließen der Klappen dauert etwa ¾ min. Der ganze Zug

[1]) Vgl. hierzu Buhle, Z. Bd. 60 (1916) S. 141 u. f. „Behälter-Auslaufversuche und neuzeitliche Bauweisen von Verschlüssen für körnige und stückige Massengüter"

Abb. 27 und 28. Vierachsiger Selbstentlader der Deutsch-Luxemburgischen Bergwerks- und Hütten-A.-G., Dortmunder Union; Salpeterwagen, Inhalt 22 m³, Tragfähigkeit 35 t.

kann nach Gestellung über dem Bunker innerhalb 3 bis 4 min entleert werden und den Entladeplatz wieder verlassen.

Für 900 mm-Spur hat die Wumag Wagen mit 20 m³ Inhalt und 15 t Ladegewicht gebaut. Die Tragfähigkeit beträgt 15,75 t, der Gesamtradstand 4,3 m bei 1,3 m Drehgestellradstand. Bemerkenswert und ohne weiteres verständlich ist auch der Fördervorgang nach Abb. 30 aus dem Schmalspurwagen für Torfbewegung. Das Ladegewicht der Unterwagen beträgt bei 3,8 m Radstand 10 t, die Tragfähigkeit 10,5 t, das Ladegewicht der Oberkasten je 5 t, die Tragfähigkeit je 5,2 t bei 1950 kg Kastengewicht. Abb. 31 spricht ebenfalls für sich selbst, und damit ist zugleich die wichtige Frage der Mulden- oder Kübelwagen angeschnitten[1]).

Abb. 31. Umschlag von Kohle mittels Drehkran und Klappkübeln.

Zur Beförderung kommen insbesondere in Betracht:

1) Kohlen, Erze, Drehspäne, Schrott, Erde, Kies, Asche, Schlacke, Baggergut, Steine, Müll, Zement, Treber usw. sowie
2) Getreide, Rüben, Rohzucker, Kartoffeln, Kalk, Knochen, Kali, chemische Erzeugnisse u. dergl.

Das unter 1) aufgeführte Ladegut wird zweckmäßig in offenen Behältern befördert, das unter 2) genannte in Kübeln mit Deckelverschluß. Der als Fördergerät ausgebildete Kübel dient als Sammel- und Lagerbehälter sowie als Zubringer und Verteiler.

Bei den zum größten Teil von der Deutschen Maschinenfabrik-A.-G. (Demag), Duisburg, erbauten Kohlenverladeanlagen der Zechenhäfen am Rhein-Herne-Kanal konnte die an den Ruhrhäfen übliche Kippverladung nicht angewendet werden, da es sich mit Ausnahme einiger städtischer Umschlaghäfen um eigene Anschlußbahnen der Zechen handelt, die den besonderen Bedürfnissen des Kohlenumschlages ins Schiff angepaßt werden müssen. Bei der Verladung der hochwertigen Kohle ist es wichtig, die beim Kippen mit dem Stürzen verbundene Wertminderung zu verhindern. Hier ist die Kübelverladung die bestgeeignete Umschlagweise. Die zu drei bis sieben (meist vier) Stück auf einem Plattformwagen, Abb. 32, stehenden Kübel werden in der Zeche aus den Kohlenbunkern gefüllt, in Zügen von 10 bis 15 Wagen von Lokomotiven auf regelspurigem Gleis zum Hafen befördert, hier durch Drehkrane von der Plattform abgehoben und in den Kahn „verklappt“. Auf diese überaus einfache Weise wird die Kohle sehr geschont, da der Kübel vor seiner Entleerung genügend tief in den Kahnraum hinabgesenkt werden kann. Die Klappkübel lassen sich schnell und ohne viel Bedienung vom Wagen abheben und wieder aufsetzen; eine vollkommene Entleerung wird dadurch erzielt, daß beim Freigeben der Öffnungskette die Kübel sich so weit öffnen, daß die Bodenflächen sich steiler als der natürliche Böschungswinkel der Kohle einstellen; der Öffnungswinkel beträgt 53°. Die neue Bauart des Klappkübels erfordert nur einen Mann Bedienung für das Aufsetzen und Abnehmen. Eine der größten Anlagen dieser Art besitzt die Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G. Während die älteste Anlage noch eine Ausladung von 12 m bei 11 t Tragkraft hatte, wurden später 15 t-Krane für 20,5 m Ausladung gebaut. Da die Kübel 10 t fassen und stündlich 30 Kranspiele ausgeführt werden können, ist man imstande, 300 t Kohlen in der Stunde zu verladen. [A 123]

[1]) Über die Klappkübel selbst vergl. im einzelnen des Verfassers Abschnitt über „Förder- und Lagermittel für Schüttstoffe“ der „Hütte“ (24. Aufl.) II. Bd. S. 570 u. Abb. 256 u. 257.

Abb. 30. Umladung von Torf aus Schmalspur-Kippwagen der Wumag in regelspurige Güterwagen.

Abb. 32. Vierachsiger Kübelwagen der Waggon-Fabrik A.-G., Uerdingen, zum Befördern von Kohle und Erzen.

RUNDSCHAU.

Abb. 1. Dreizylinderverbund-Hochdruck-Schnellzuglokomotive, erbaut von Henschel & Sohn Kassel.

Eisenbahnwesen.

Die erste Hochdrucklokomotive der Welt für 60 at Betriebsdruck.

Die nach Vorschlägen von O. H. Hartmann von der Schmidtschen Heißdampf-Gesellschaft m. b. H., Kassel-Wilhelmshöhe, entworfene Versuchslokomotive, Abb. 1, ist unter Verwendung der Hauptteile einer gebrauchten Schnellzuglokomotive, Gattung S 10², fertiggestellt worden. Die Lokomotive ist von Henschel & Sohn, Kassel, erbaut. Der Kessel ist ein Zweidruckkessel, wobei die Feuerbüchse als Hochdruckkessel für 60 at Überdruck mit mittelbarer Beheizung ausgebildet, der Langkessel dagegen von üblicher Bauart für einen Betriebsdruck bis zu 14 at bemessen ist. Etwa zwei Drittel bis drei Viertel des gesamten Dampfes werden je nach der Rostbelastung als Hochdruckdampf erzeugt. Von dieser Lokomotive wird für gleiche Leistung im Mittel eine Kohlenersparnis von etwa 25 vH oder bei gleicher Rostbelastung eine Mehrleistung von etwa 35 vH gegenüber einer Heißdampflokomotive gleicher Bauart für bisher üblichen Druck erwartet. Mit dem Lokomotivkessel sind bereits einige Verdampfversuche ausgeführt worden, die die Richtigkeit der rechnerischen Unterlagen bestätigten. Die Probefahrten werden jedoch erst nach Beendigung der Verkehrsausstellung in München, wo die Lokomotive gegenwärtig gezeigt wird, ausgeführt. [M 976]

Hebezeuge.

Neue Bauarten von Treibscheibenaufzügen.

Die deutsche Aufzugindustrie hat im letzten Jahrzehnt im Bau von Aufzuganlagen nur geringe Fortschritte gemacht. Es lag dies in der Hauptsache wohl daran, daß durch die Kriegsjahre und Nachkriegsjahre sowie infolge völligen Daniederliegens der Bautätigkeit jede Gelegenheit und jeder Anreiz fehlte, Neukonstruktionen zu schaffen. Man begnügte sich damit, die bisher üblichen Ausführungsformen der neuzeitlichen Entwicklung anzupassen. Durch den scharfen Wettbewerb des Auslandes, das ganz neue Bauarten auf den Markt brachte, wurde die deutsche Aufzugindustrie gezwungen, ebenfalls neue Konstruktionen zu schaffen.

Hierfür waren folgende Gesichtspunkte maßgebend:

Größtmögliche Erhöhung der Sicherheit gegen Unfälle, Vereinfachung in der Anordnung, Platzersparnis bei Aufstellung der Maschinen und Verbilligung der Herstellung der Maschinen durch Reihenanfertigung.

Diese Gesichtspunkte finden wir vereinigt in der Ausführung von Treibscheibenaufzügen, die schon seit längerer Zeit in England und Amerika ausgeführt werden. Man hat sich ebenfalls für diese Bauart entschieden und unter Berücksichtigung der zurzeit in Kraft befindlichen Polizeivorschriften mehrere Aufzuganlagen mit Treibscheibenmaschinen ausgeführt.

Die Treibscheibenmaschine kann, ohne daß sie sehr breit ausfällt, eine größere Anzahl Tragseile aufnehmen. Die Seile greifen mit dem einen Ende am Fahrkorb an, führen über die Treibscheibe und sind mit dem andern Ende am Gegengewicht befestigt. Die konstruktive Ausbildung der Seilrillen sowie die Zahl der zu verwendenden Seile ist von besonderer Wichtigkeit.

Außerdem ist noch auf die Art der Konstruktion der benutzten Tragseile Rücksicht zu nehmen. Die Tragseile sollen so angeordnet werden, daß sie sich vollständig gleichmäßig in die Gesamtbelastung teilen. Da Schlaffseil bei Treibscheibenaufzügen niemals eintreten kann, erübrigt sich das Anbringen einer Schlaffseilausrückung.

Wird durch irgendein Hindernis auf der Gegengewicht- oder Fahrkorbseite der Seilzug einseitig aufgehoben, so wird die Reibung zwischen Seil und Treibscheibe soweit herabgemindert, daß die Maschine leer läuft, ohne die Seile mitzunehmen. Der Fahrkorb ist mit einem Regler in Verbindung gebracht, der den Fahrkorb bei Überschreitung einer gewissen Geschwindigkeit festhält und die Maschine stillsetzt. Die Endabstellungen werden im Schachte durch den Fahrkorb vorgenommen. Geringe Seildehnungen eines oder mehrerer Tragseile oder Seilbrüche schalten einen Kontakt aus, der im Steuerstromkreis liegt, und setzen den Aufzug außer Betrieb.

Die Sicherheit der Treibscheibenaufzüge gegenüber denjenigen mit Trommelmaschinen ist erheblich größer. Die Treibscheibenaufzüge können auch mit einer selbsttätig wirkenden Feineinstellung ausgeführt werden, die den Fahrkorb genau in Fußbodenhöhe einfährt, was besonders für schnellaufende Aufzüge und für solche, die mit Wagen befahren werden und bei wechselnder Belastung genau in Fußbodenhöhe halten müssen, von großer Wichtigkeit ist.

Abb. 2 bis 5 zeigen Schnitte durch eine Aufzugmaschine für 1100 kg Nutzlast und von 1,25 m/s Fahrgeschwindigkeit. Dem Entwurf dieser Maschine ist die Bedingung zugrunde gelegt, daß bei Höchstleistung in vierstündigem Dauerbetrieb die Maschinenkörpertemperatur, außen gemessen, nicht mehr als 30 °C über der Raumtemperatur des Aufstellungsraumes liegen darf. Für die Bestimmung des Schneckengetriebes war daher wichtig, die zweckentsprechende Teilung zu wählen, ebenso für die passende Schmierung und für genügend Luftbewegung zu sorgen. Die Schneckenteilung wurde zu 57,1 mm bestimmt; Steigung einfach rechts. Der Steigungswinkel beträgt 11° und die Gleitgeschwindigkeit im mittleren Schneckendurchmesser 5,2 m/s. Zur Schmierung wird Heißdampföl mit einem Flammpunkt von 350 °C verwendet. Die erforderliche Luftbewegung hat man dadurch erreicht, daß an der Bremsscheibe vier kleine Flügel befestigt worden sind, die je nach der Umlaufrichtung den Maschinenkörper mit frischer Luft bestreichen. Die auf dem Prüfstand an der Maschine vorgenommenen Versuche haben die in Abb. 6 eingetragenen Kurven ergeben. Wie aus dem Diagramm ersichtlich, sind die vorgeschriebenen Maschinenkörpertemperaturen nicht überschritten und die gestellten Bedingungen vollständig erfüllt worden. Die Öltemperatur sowie die Werkstofftemperatur der Schnecke selbst liegen selbstverständlich erheblich höher.

Ausgeführt wurden die Maschinen von der Firma Unruh & Liebig, Aktien-Gesellschaft, Leipzig-Plagwitz. [M 881]

Leipzig. Ph. Giebler, Oberingenieur.

RZ 361 Z 1÷3

RZ 361 Z 4

Abb. 2 bis 5. Treibscheiben-Aufzugmaschine für 1100 kg Nutzlast bei 1,25 m/s Fahrgeschwindigkeit.

Elektrotechnik.

30. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Die diesjährige Verbandstagung der deutschen Elektrotechniker, die unter dem Vorsitz von Dr.-Ing. eh. R. Werner vom 7. bis 11. September stattfand, ging nach zwei Richtungen über die Bedeutung der sonst üblichen Jahresversammlungen hinaus. Sie wurde in Danzig abgehalten, um nach allen Seiten hin zu bekräftigen, daß diese alte deutsche Stadt trotz ihrer Lostrennung vom Reich im Denken und Fühlen, in der Weiterentwicklung ihrer wirtschaftlichen Gewohnheiten, ihrer wissenschaftlichen und technischen Errungenschaften ungeschmälert zum deutschen Volkstum gehört. Dieser Geist der Zusammengehörigkeit kam bei allen gesellschaftlichen, geschäftlichen und technischen Veranstaltungen immer wieder zum Durchbruch.

In sachlicher Hinsicht wurde zum erstenmal außer den technischen Hauptvorträgen, die brennende Tagesfragen aus dem Gesamtgebiete der Elektrotechnik behandelten, eine große Zahl von Fachvorträgen gehalten, die, zu einzelnen Gruppen zusammengefaßt, einen Überblick über die wichtigsten Ergebnisse der Entwicklung der letzten Jahre boten. Verschiedene Gründe waren für dieses Programm maßgebend gewesen. Einerseits wollte man dem in heutigen Zeiten etwas zurücktretenden gesellschaftlichen Teil der Jahresversammlung einen gediegenen sachlichen Teil gegenüberstellen, dessen Bedeutung sich nicht im Augenblick erschöpft, sondern von längerer Dauer ist und den Fortschritt der Elektrotechnik wiederspiegelt. Anderseits wollte man auch den jüngeren, noch unbekannten Fachgenossen Gelegenheit geben, ihre Gedanken und Entwicklungsarbeiten in einem größeren Kreise zu vertreten.

Die erste Hauptsitzung brachte nach einem interessanten Vortrage des Geheimen Oberbaurats Grauert, Berlin, über „Die Elektrotechnik im Schiffbau und in der Schiffahrt" sehr bedeutsame Ausführungen von Generaldirektor Dr. Dr.-Ing. eh. A. Franke, Berlin, über „Massenfertigung und Schulungswesen". Weit hinausgehend über diesen einfach anmutenden Titel wurden die Grundfragen unsrer industriellen Produktion kritisch beleuchtet und gezeigt, wie eine fortschrittliche und rationelle Herstellung unsrer deutschen Fabrikate unbedingt die

Abb. 6. Temperatur- und Belastungsdiagramm der elektrischen Aufzugmaschine, Abb. 2 bis 5, aufgenommen bei sechsstündigem Dauerbetrieb und 400 V Spannung.
a Schneckentemperatur *b* Öltemperatur
c Temperatur in der Mitte der Schnecke
d Kugellagertemperatur *e* Halslagertemperatur

bessere Ausbildung von Fabrikationsingenieuren

verlangt, die in weit höherem Maß, als es bisher der Fall ist, die zweckmäßigste, einfachste und billigste Fertigung der industriellen Gegenstände beherrschen. Als Leiter des größten deutschen Schwachstromunternehmens bezog sich der Vortragende vielfach auf Beispiele der Feinmechanik und Elektrotechnik. Man geht jedoch bei der Armut, die wir an gut durchgebildeten Werkstattingenieuren haben, wohl nicht zu weit, wenn man seine Forderungen auf die gesamte deutsche Fertigindustrie und ihren Ingenieurnachwuchs bezieht.

In der zweiten Hauptsitzung war die Frage der

Nullpunkterdung großer Hochspannungsleitungen

zur Erörterung gestellt, ohne die eine Weiterentwicklung unsrer Großkraftübertragungen schwer möglich erscheint. Direktor Baurat Rachel, Dresden, behandelte in seinem Vortrage „Höchstspannungsfragen und Nullpunkterdung" die

bisherigen Erfahrungen der Großkraftübertragung, vor allem hinsichtlich der Kosten und Betriebsicherheit der elektrischen Energiebeförderung, und verarbeitete sie an Hand von zahlreichen Diagrammen zu lehrreichen und wertvollen Ausblicken für die zukünftige Entwicklung. Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. eh. Rüdenberg, Berlin, erläuterte „Die Ausbreitung der Luft- und Erdfelder um Hochspannungsleitungen, besonders bei Erd- und Kurzschlüssen". Er zeigte an der Hand von schematischen Bildern die Gefährdungen, die in der Nähe von Leitungsmasten für Mensch und Tier und auch in größeren Entfernungen für Schwachstromleitungen vorhanden sind, und wies auf die Schutzmittel und ihre Wirkung hin, die uns heute sowohl bei isoliertem wie geerdetem Nullpunkt zur Verfügung stehen. Ministerialrat Brauns, Berlin (vertreten durch Postrat Jäger), berichtete „Über den Einfluß der Starkstromleitungen auf alle Arten von Schwachstromleitungen" und stellte an zahlreichen Schaltskizzen für Fernsprech-, Telegraphen- und Eisenbahn-Sicherungsanlagen den Verlauf dar, den übertretender Starkstrom in den Schwachstromleitungen nehmen möchte, und die Wege, die man ihm durch besondere Schutzapparate vorschreibt, um die empfindlichen Teile vor seinen Einwirkungen zu schützen.

Zusammen mit den Gesichtspunkten, die in dem lebhaften Meinungsaustausch zur Sprache kamen, ergab sich, daß es nicht erforderlich ist, die Starkstromnetze hoch isoliert von der Erde auszuführen und die Stromleitung durch die Erde den Schwachstromanlagen vorzubehalten. Vielmehr darf man bereits bei dem heutigen Stande der Kenntnisse und der Schutzmittel daran gehen, bei Neuanlagen hoher und höchster Spannungen auch die Starkstromanlagen mit ihrem Mittelpunkt zu erden. Dadurch verschafft man ihnen die Vorteile der festgelegten Spannungsunterschiede gegen Erde, die für die Wirtschaftlichkeit und vor allem für die Betriebsicherheit der Höchstspannungsnetze von hoher Bedeutung sind.

Die Fachvorträge,

in denen Einzelfragen vorgetragen wurden, waren in fünf verschiedene Gruppen unterteilt, die teils gleichzeitig, teils nacheinander an den verschiedenen Tagen ihre Sitzungen abhielten und je von einem namhaften Fachmann als Einführendem geleitet wurden, dem auch die Überwachung der Aussprache zufiel.

In der Gruppe für Maschinen und Transformatoren wurden behandelt: die Spannungsregelung von Maschinen und von Netzen, die bei Großanlagen nur mit Aufwand besonderer Mittel mit der erforderlichen Schnelligkeit und Genauigkeit durchzuführen ist; die Wirkungsweise und Notwendigkeit der Schutzschalter bei Leitungsanlagen und bei Transformatoren; der Parallelbetrieb großer Kraftwerke über weite Entfernungen sowie die Umformung von Kraftstrom in Bahnstrom; der heutige Standpunkt zum Blindstrom und zur $\cos\varphi$-Frage; die Spannungsverteilung in Hochspannungstransformatoren; die elektromechanischen Verhältnisse bei Drehstrommotoren für Selbstanlauf, bei Elektrohämmern und andern neuartigen Elektromaschinen.

Bei den elektrischen Anlagen wurden neuartige Hochspannungs-Schalthäuser einschließlich der Hallenstationen behandelt. Den Isolatoren und Durchführungen und den Fehlerschutzeinrichtungen, die beim Versagen der Isolation in Tätigkeit treten, waren zahlreiche Vorträge gewidmet. Fragen der Verrechnung elektrischer Arbeit, vor allem mit Rücksicht auf den Blindstrom, standen im Zusammenhang mit Untersuchungen über Verwendung oder Vermeidung von Kondensatoren zur Phasenverbesserung. Schließlich wurde von Zukunftsfragen besonders die der Kraftübertragung durch Hochspannungskabel mit 60 oder 110 kV behandelt.

Die Gruppe für Elektrophysik brachte beachtenswerte Abhandlungen über verschiedene neue elektrische Schwingungsformen; besonders stand sie aber unter dem Einfluß der Entwicklung der Hochvakuumröhren. Deren neueste Anwendung im Elektronenoszillographen wurde von mehreren Seiten mit gleich glänzenden Ergebnissen vorgeführt, die es ermöglichten, Vorgänge von weniger als einer millionte1 Sekunde Dauer photographisch festzuhalten. Dies stellt eine Verfeinerung unsrer gesamten Meßtechnik in bisher kaum geahnter Weise dar und dürfte auf etlichen Gebieten noch zu großen Fortschritten und neuen Erkenntnissen führen. Ergänzt wurden diese versuchsmäßigen Arbeiten durch rechnerische Untersuchungen über den Verlauf von schnellen Wanderwellen auf Leitungen und von langsam schwingenden Wechselströmen im Innern der Erde. Verbesserungen an Isolierstoffen zeigten, daß auch diesen Grundfragen der Elektrotechnik von mehreren Forschern und Fabrikationsstätten die gebührende Aufmerksamkeit geschenkt wird.

In der Gruppe für Installation und Elektrowärme wurden die neuesten Anwendungen der Elektrizität auf dem Gebiete der Beleuchtung, des Schweißens, der Speicherung als Wärme im Haushalt, und die neuzeitlichen Hilfsmittel der Hausanlagen, wie Elektrolytzähler und Kleinselbstschalter, vorgeführt. Im Gegensatz zu der sprunghaften Entwicklung früherer Jahrzehnte ist auf diesem Gebiet eine gewisse Ruhe im Vorwärtsschreiten festzustellen. Man arbeitet mehr an der Verbesserung von Bestehendem als an der Entwicklung von grundsätzlich Neuem.

In der Fernmeldetechnik traten deutlich die Aufgaben, die Schnellverkehr und Weitverkehr stellen, in den Vordergrund. Es wurde berichtet über Selbstanschlußämter, Kabel-Schnelltelegraphie, Weitsprechen und Mehrfachausnutzung der Leitungen und natürlich auch über Tagesfragen der drahtlosen Telegraphie und des Rundfunks.

Bei fast allen diesen Vorträgen fiel es angenehm auf, daß die Redner trotz der kurzen Viertelstunde, die jedem nur zur Verfügung stand, sich bemühten, den Hörern nicht nur einen beschreibenden Überblick über ihr besonderes Problem zu geben, sondern daß sie ihre Aufgabe nach Möglichkeit zahlenmäßig behandelten, so wie es für fortschrittliche und verantwortungsvolle Ingenieurarbeit vor allem nutzbringend ist.

Im gesamten gaben die Fachvorträge ein glänzendes Bild der wohlgelungenen Einzelarbeit, die an den Hochschulen, bei den Behörden und in der Industrie im nützlichen Wetteifer geleistet wurde. Besonders zu begrüßen ist, daß die früher übliche Geheimhaltung des Erforschten der besseren Überlegung zu weichen beginnt, daß Ehre und Nutzen des einzelnen nicht stärker gefördert werden kann, als durch Darbietung des Errungenen an die Allgemeinheit zur Anregung und zum Nutzen aller.

Natürlich war es dem einzelnen Teilnehmer der Versammlung nicht möglich, sämtliche dieser Fachvorträge mit anzuhören, jedoch hat wohl jeder, der sich die ihn näher angehenden Gebiete heraussuchte, das sichere Gefühl mit nach Haus genommen, einen tiefen Einblick in die wissenschaftliche und praktische Entwicklungsarbeit der deutschen Elektrotechnik getan zu haben[1]).

[N 975] R. Rüdenberg.

Materialprüfung.

Einfluß der Vorbehandlung auf die Kerbzähigkeit des Flußstahls in der Kälte und Wärme.

Die im Schrifttum bekanntgegebenen Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf die Kerbzähigkeit des Flußstahls zeigen wenig befriedigende Übereinstimmung. Zum Teil weisen sie Höchstwerte für die Kerbzähigkeit bei Raumtemperatur auf, während bei höheren Wärmegraden (bis etwa 450 °C) ein gleichmäßiger Abfall beobachtet wird, zum Teil finden sich bei Raumtemperatur außerordentlich niedrige Kerbzähigkeitswerte, während bei etwa 200 °C ein Höchstwert auftritt.

Um diese Widersprüche zu klären, führten F. Körber und A. Pomp[2]) an einem Flußstahl mit 0,05 vH Kohlenstoff, 0,33 vH Mangan, 0,02 vH Silizium, 0,02 vH Phosphor und 0,028 vH Schwefel Kerbschlagversuche im Temperaturgebiet von — 70 bis 500 °C aus, wobei der Vorbehandlung des Werkstoffes besondere Beachtung geschenkt wurde. Die Kerbschlagproben hatten die in Abb. 7 wiedergegebenen Abmessungen.

Untersucht wurden fünf Reihen, die folgender Vorbehandlung entsprachen:

1. Gewalzt (Anlieferzustand),
2. künstlich kerbspröde gemacht, und zwar
   a) durch Überhitzen,
   b) durch kritische Verformung in Verbindung mit kritischer Glühung,
   c) durch Walzen in Blauhitze,
3. vergütet.

Die Ergebnisse der sich auf ein Temperaturgebiet von — 70 bis + 500 °C erstreckenden Kerbschlagprüfung sind schaubildlich in Abb. 8 wiedergegeben. Die höchsten Kerbzähigkeitswerte weisen die vergüteten Proben auf. Bei dieser Versuchsreihe liegt der Höchstwert (rd. 21 mkg/cm²) zwischen — 40 und + 50 °C. Nach niedrigeren Temperaturen findet ein sehr rascher Abfall der Kerbzähigkeit statt, so daß sie bei — 70 °C nur noch 0,9 mkg/cm² beträgt. Nach höheren Temperaturen hin sinkt die Kerbzähigkeit langsam und stetig. So beträgt sie bei 500 °C noch 8,7 mkg/cm². Der Kurvenverlauf der im Walzzustand untersuchten Proben ist dem der vergüteten Proben ähnlich. Auch hier liegt der Höchstwert in der Höhe von 0 °C. Allerdings ist der Abfall nach niedrigeren Wärmegraden bei dieser Reihe bedeutend steiler. Bei — 40 °C beträgt die Kerbzähigkeit nur noch 9 mkg/cm².

Ein wesentlich andres Bild weisen die Schaulinien der absichtlich spröde gemachten Proben (2 a bis c) auf. Die bei Raumtemperatur sehr geringe Kerbzähigkeit (1,2 bis 3,3 mkg/cm²) nimmt mit steigender Versuchstemperatur zu und erreicht bei 200 °C einen Höchstwert. Oberhalb 200 °C tritt ein Absinken der Kerbzähigkeit ein, die bei Temperaturen von 500 °C für alle untersuchten Proben, gleich in welcher Vorbehandlung, denselben Wert von 8 bis 9 mkg/cm² ergibt.

[1]) Die sämtlichen Haupt- und Fachvorträge nebst Aussprache werden in kurzem gesondert erscheinen.

[2]) Mitt. aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung, Band VI Lieferung 5 Seite 33.

Abb. 7. Abmessungen der Kerbschlagproben.

Abb. 9. Schematische Darstellung der Kerbzähigkeit von Flußstahl verschiedener Vorbehandlung in Abhängigkeit von der Temperatur.

a vergüteter Werkstoff
b fehlerhaft behandelter Werkstoff
c Zwischenlage zwischen *a* und *b*.

Abb. 8. Kerbzähigkeit von Flußstahl verschiedener Vorbehandlung in Abhängigkeit von der Temperatur.

An Hand der vorliegenden Versuchsergebnisse ist es möglich, die im Schrifttum vorhandenen Widersprüche bezüglich des Verlaufes der Kerbzähigkeits-Temperaturschaulinie zu klären und eine einheitliche Auffassung von der Temperaturabhängigkeit der Kerbzähigkeit bei verschieden vorbehandeltem Flußstahl zu gewinnen. Abb. 9 gibt eine schematische Darstellung des Kerbzähigkeits-Temperaturverlaufs von Flußstahl verschiedener Vorbehandlung. Der vergütete Werkstoff *a*, Abb. 9, weist Höchstwerte in der Höhe von 0 °C auf. Der infolge einer fehlerhaften Behandlung bei Raumtemperatur spröde Werkstoff *b*, Abb. 9, zeigt bei 200 °C einen stark ausgeprägten Höchstwert, der dem bei gleicher Temperatur beobachteten Kerbzähigkeitswert des vergüteten Werkstoffes in den meisten Fällen nicht wesentlich nachsteht. Außer diesen beiden Grenzfällen können noch unzählige Zwischenlagen auftreten, von denen eine durch den Linienzug *c*, Abb. 9, ausgedrückt ist. Je nach dem Grade der Verschlechterung, die der Werkstoff erfahren hat, wird die Schaulinie *a* sich mehr der Form *c* oder *b* nähern.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen ergibt sich eine Reihe praktischer Schlußfolgerungen. Bei der Prüfung von Flußstahl auf Kerbzähigkeit ist auf Einhalten einer genauen Versuchstemperatur besonderer Wert zu legen, da je nach dem Verlauf der Kerbzähigkeits-Temperaturschaulinie selbst geringe Temperaturunterschiede um mehrere 100 vH abweichende Kerbzähigkeitswerte ergeben können. Es empfiehlt sich daher, die Proben vor Ausführung der Kerbschlagversuche mindestens ½ h in einem Öl- oder Wasserbade von 20 ° aufzubewahren.

Für Konstruktionsteile, die gegen Schlag und Stoß in der Kälte widerstandfähig bleiben sollen, beispielsweise Förderketten in Braunkohlen-Bergwerken, Schiffsketten, empfiehlt es sich, die im Laufe der Herstellung mögliche Verschlechterung des Werkstoffes durch ein nachträgliches Vergüten wieder aufzuheben. Die Kerbzähigkeits-Temperatur-Schaulinie folgt dann dem Linienzug *a*, Abb. 9, d. h. der Stahl weist auch noch bei sehr niedriger Temperatur einen hohen Widerstand gegen stoßweise wirkende Beanspruchung auf.

Bei Konstruktionsteilen, die vorübergehend auf höhere Temperaturen kommen, beispielsweise Gießpfannengehänge, Walzen, beobachtete man das Reißen oder Brechen besonders häufig nicht bei diesen Wärmegraden, sondern dann, wenn die Teile sich abgekühlt haben. In diesem Falle wird es sich um einen dem Zustand *b*, Abb. 9, entsprechenden Werkstoff handeln, der bei Raumtemperatur außerordentlich geringe Kerbzähigkeitswerte aufweist, bei 200 °C aber keinen wesentlich niedrigeren Widerstand gegen Schlag und Stoß aufweist als ein gesunder Werkstoff. Im Walzwerk pflegt man daher die Walzen vor der Wiederinbetriebnahme nach längerer Pause anzuwärmen.

Daß spröder Flußstahl bei Wärmegraden von etwa 200 °C seine Sprödigkeit verliert, bietet eine gewisse Beruhigung bei der Verwendung dieses Werkstoffes zu solchen Konstruktionsteilen, die hauptsächlich in der Wärme Beanspruchungen ausgesetzt sind, beispielsweise Kesselbleche, Gießpfannengehänge. Würde bei sprödem Flußstahl keine Steigerung der Kerbzähigkeit mit steigender Temperatur eintreten, würde er vielmehr wie ein zäher Flußstahl mit steigender Temperatur eine Abnahme der Kerbzähigkeit erfahren, so wären die bei Verwendung des Flußstahles in der Blauwärme auftretenden Gefahrenmomente nicht abzuschätzen.

Der starke Unterschied in der Ausbildung der Kerbzähigkeits-Temperaturschaulinie bei zähem und sprödem Flußstahl gibt ein Verfahren an die Hand, um über den Zustand des Werkstoffes und die durch geeignete Warmbehandlung erzielbaren Verbesserungen ein Bild zu gewinnen. Zu diesem Zweck ist es nur nötig, eine Reihe von Warmschlagversuchen etwa bei 100, 200 und 300 °C auszuführen und die erhaltenen Höchstwerte der Schlagfestigkeit mit dem bei 20 °C ermittelten Werte zu vergleichen. Solange der bei 20 °C ermittelte Wert wesentlich tiefer liegt als der Höchstwert, befindet sich der Stahl noch in einem verhältnismäßig geringwertigen Zustand, ist daher noch durch geeignete Behandlung verbesserungsfähig. Liegen anderseits die bei höherer Temperatur beobachteten Kerbzähigkeitswerte nicht wesentlich höher oder sogar noch niedriger als der bei 20 °C ermittelte Wert, so kann man annehmen, daß der bei dem betreffenden Stahl zu erzielende beste Zustand erreicht ist.

[M 287] A. Pomp.

Nachruf.

Dr. phil. Dr.-Ing. eh. Theodor Horn †.

Der Leipziger Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure beklagt den Tod eines Mannes, dessen Heimgang einen schweren Verlust für die Leipziger Industrie sowie für die unsres Vaterlandes überhaupt bedeutet. Dr. phil. Dr.-Ing. eh. Theodor Horn ist am 27. Juli nach kurzem Krankenlager verstorben.

Aus engen Lebensverhältnissen stammend, war Theodor Horn frühzeitig schon für die technische Laufbahn bestimmt und trat zunächst in die Maschinenbauabteilung der damaligen Königlichen Höheren Gewerbeschule zu Chemnitz ein. Die wirtschaftliche Krise in der Mitte der siebziger Jahre erschwerte ihm das Studium außerordentlich; er war zum großen Teil auf den Bezug von Stipendien angewiesen. Auf Veranlassung seiner auf die ungewöhnliche Begabung und Willenskraft des jungen Mannes aufmerksam gewordenen Lehrer bezog er nach Ableistung seines militärischen Dienstjahres im Jahre 1875 die Universität Leipzig, um sich in bewußter Abkehr von seinem bisherigen, auf die Ingenieurlaufbahn gerichteten Lebensziele dem Studium der reinen Mathematik, der Physik, Astronomie und Philosophie zu widmen. Von nicht geringer Energie zeugt es, daß es dem damals Dreiundzwanzigjährigen gelang, neben seinem Studium an der nachmaligen Petrischule die Maturitätsprüfung abzulegen, die die Voraussetzung bildete für die Staatsprüfung als Kandidat des Höheren Schulamtes und die Doktorpromotion, die er beide im Jahre 1885 ablegte. Von diesem Jahr an war Dr. Horn bis zum Herbst 1895 im Lehramt an der Leipziger Petrischule tätig, um sich dann erst endgültig der Leitung der von ihm inzwischen ins Leben gerufenen und einige Jahre neben seiner Lehrtätigkeit betriebenen Mechanikerwerkstatt zur Herstellung eines von ihm erfundenen elektrischen Tachometers und somit doch wieder dem technischen Schaffen zu widmen.

Dreißig Jahre lang hat Dr. Horn sein Unternehmen, worin heut etwa 350 Personen beschäftigt werden, von Erfolg zu Erfolg

geführt, und es bedarf an dieser Stelle nur eines erinnernden Hinweises auf die Bedeutung, den Ruf und die Verbreitung, dessen sich seine Erzeugnisse auf dem Gebiete der Meßkunde erfreuen. Von allen Anerkennungen, die sein Wirken gefunden hat, ist ihm wohl diejenige der Verleihung des Dr.-Ing. ehrenhalber seitens der Technischen Hochschule zu Aachen im Jahre 1920 die wertvollste gewesen.

Ungewöhnlich ist der Weg gewesen, der jetzt sein Ziel gefunden hat; der ihn zurücklegte, war ein Mann, der aus sich heraus über eine harte Jugend hinweg durch eine seltene Vereinigung von Intelligenz und Willen seine Ideen zu verwirklichen wußte, ein Vorbild eines echten deutschen Ingenieurs.

[N 880] Burbach.

Maschinelle Kohlengewinnung im rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau.

Berichtigung. In meinem obigen Aufsatz in Z. Bd. 69 (1925) Heft 31 hatte ich auf S. 1001 in der Fußnote [2]) auf einen Aufsatz von Bergassesor Grahn in der Zeitschrift „Glückauf" verwiesen, der als zusammenfassende Darstellung der Steuerungen der Abbauhämmer unter Berücksichtigung der Erzeugnisse aller beteiligten Hersteller eine wesentliche Ergänzung meiner Mitteilungen darstellt, da ich mich wegen der notwendigen knappen Fassung auf die Hervorhebung der wichtigsten Neuerungen beschränken mußte. In diesem Hinweis muß es statt „S. 613" heißen: „S. 683". [N 904] Fr. Herbst.

Kleine Mitteilungen.

Maschinenwagen für das Aufstellen von Leitungsmasten.

Seit mehreren Jahren werden in Amerika Aufstellwagen für Leitungsmaste benutzt, die drei Mann Bedienung brauchen. Antrieb aller vier Räder, breite Doppelreifen, Benutzung von Brückenbohlen lassen das Fahrzeug auch sehr schwieriges Gelände überwinden. Der Erdbohrer, der bis zu 1,2 m weite und 2,2 m tiefe Löcher ausheben kann, sitzt an einem Ausleger. An dessen Ende ist außerdem ein Wippkranmast mit einem auf- und abwärts drehbaren Ausleger befestigt, so daß mit diesem Gerät alte Maste ausgehoben, neue Maste aufgenommen, eingesetzt und gerichtet werden können. Eine Berechnung ergibt gegenüber den Kosten für das Erdlochbohren bei Handarbeit von 8,2 bis herunter auf 3 $ für 1 Loch, je nachdem 1 bis 6 Löcher am Tage von einem Mann gebohrt werden können, 2,9 bis 1,2 $ mit dem Maschinenwagen bei 20 bis 40 Löchern am Tag und 1000 bis 5000 Löchern im Jahre mit 100 bis 125 Betriebstagen. Die Lebensdauer der Erdbohrmaschine, deren Preis 9000 $ beträgt, ist dabei zu 30 000 Bohrungen angenommen. („Electrical World" 12. September 1925 S. 807.) [N 987a] K. M.

Neue Akkumulator-Grubenlokomotive.

Auf Grund eines Preisausschreibens ist von Jos. Booth & Bros., Rodley, eine Akkumulator-Grubenlokomotive gebaut worden, die den strengen Bedingungen des Wettbewerbs voll entspricht. Die neue Lokomotive kann einen kleinsten Halbmesser von 4 m bei einem Schwerpunktausschlag von nur 28 cm durchfahren. Dabei beträgt die Spurweite 600 mm, der Radstand 700 mm und der Raddurchmesser 550 mm. Bemerkenswert ist, daß zwei Rahmen vorhanden sind, ein innerer, der die Lager enthält, und ein äußerer, mit dem inneren durch Bolzen verbunden, auf dem die gesamte elektrische Ausrüstung ruht. Der 10 PS-Motor überträgt seine Energie durch ein Schneckengetriebe auf die Räder, wobei bei einer Steigung von 1 : 24 mit voller Last eine Geschwindigkeit von 5,5 km/h erzielt wird. Von größter Wichtigkeit ist, daß die elektrischen Einrichtungen wie Anlasser, Motor und Widerstände eine Einheit bilden und als Ganzes der Lokomotive entnommen werden können. („Engineering" 25. September 1925 S. 351.) [N 987 b] G.

Dampfturbinenanlage für 85 at Anfangsdruck.

In der neuen Station Weymouth der Edison Electric Illuminating Co., Boston, bringt man, anstatt Dampf von 24 at und 370 °C in den Turbinen in Arbeit umzusetzen, einen Teil davon in einem besonderen Kessel auf 85 at Druck und 370 °C Temperatur und läßt diesen Dampf sich auf 24 at in einer Hochdruckturbine entspannen. Der Auspuffdampf wird wieder auf die ursprüngliche Temperatur von 370 °C überhitzt und betreibt dann mit 24 at Anfangsdruck die Hauptturbine. Der Gesamtwirkungsgrad steigt durch diese Anordnung von 36,1 auf 41,4 vH, also um 14,7 vH. Der Wärmemehraufwand hingegen beträgt nur etwa 8,7 vH gegenüber der Anlage mit niedrigem Druck. Die Trommel des Hochdruckkessels besteht aus Schmiedeisen. Sie ist 9,7 m lang, hat 1,2 m Dmr. und eine Blechdicke von 100 mm. Die zwanzigstufige Hochdruckturbine leistet 3150 kW. („Power" Sept. 1925 S. 394.) [N 987 c] G.

Bessere Überwindung der Spitzenbelastung bei der Leuchtgasherstellung.

An Gaswerke werden zu bestimmten Zeiten besondere unvorherbestimmbare Anforderungen in bezug auf die zu liefernden Gasmengen gestellt. Darunter dürfen aber Gleichmäßigkeit und Heizwert des abzugebenden Gases nicht leiden. Durch Aufstellung einer reiches Kohlenwassergas liefernden Anlage kann der Ausgleich herbeigeführt werden. Um jedoch wirtschaftlicher zu arbeiten, hat man vorgeschlagen, Öl, das vorher nicht überhitzt werden darf, während der Verkokung in die senkrechten Entgasungsräume einzuspritzen. Die Versuche sind mit Erfolg vom Fuel Research Board durchgeführt worden. Das Öl wird mit Hilfe einer Pumpe durch eine wassergekühlte Vorrichtung in die plastische Zone eingeführt; als günstigste Zersatztemperatur erwies sich eine solche von 800 °C. Die Versuche sind mit verschiedenen Kohlensorten durchgeführt worden, wobei im Mittel 35 l Öl auf 1 t Kohlen zugesetzt wurden. („Engineering" 25. Sept. 1925 S. 389.) [N 987 d] Gw.

Sonderdampfer „Humber Arm" für Papierfracht.

In dem Bestreben, die Wirtschaftlichkeit der Beförderung auf das höchste zu steigern, hat man jetzt das Sonderfrachtschiff „Humber Arm" für die Beförderung von Papierrollen von Neufundland nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika und nach Europa gebaut. Das Schiff hat bei 134 m Länge über alles und 17 m größter Breite 8915 t Tragfähigkeit. Bemerkenswert ist die Ausgestaltung des Bugs als Eisbrecher und, damit im Zusammenhange stehend, die Anwendung der besonders hohen Maschinenleistung von 3530 PS sowie die Verwendung kräftiger Teile an den meistbeanspruchten Stellen. Die Dreifachexpansionsmaschine erhält ihren Dampf aus drei Kesseln, die wahlweise mit Kohle oder mit Öl geheizt werden können. Das Schiff ist jüngst von W. G. Armstrong, Whitworth and Co., Schiffswerft in Newcastle, fertiggestellt worden. („Engineering" 25. Sept. 1925 S. 383.) [N 987 e] G.

Motorboote für Küstenüberwachung in Schweden.

Die von J. I. Thornicroft & Co., Ltd., für die schwedische Regierung erbauten Boote haben bei der Probefahrt die außerordentlich hohe Geschwindigkeit von rd. 74 km/h erreicht. Zum Antrieb der Schrauben dienen zwei Zwölfzylinder-Motoren von 14,6 cm Zyl.-Dmr. und 18,4 cm Hub, die bei 1600 Uml./min je 375 PS leisten. Der Motor auf der Steuerbordseite trägt ein Wendegetriebe. Die Schrauben haben 57 cm Dmr. Die Geschwindigkeit läßt sich sehr schnell steigern, bei der Probefahrt konnte sie binnen 20 s von 18,5 auf 72 km/h gebracht werden. Die Bewaffnung besteht aus zwei Torpedorohren von 450 mm Dmr. sowie aus zwei Maschinengewehren auf jeder Seite. Der Führerstand ist durch einen Vorbau so gut geschützt, daß er selbst bei der größten Geschwindigkeit trocken bleibt. („The Engineer" 25. Sept. 1925 S. 320.) [N 987 f] Sd.

Die Kraftwerke von Rempen und Siebnen.

Im Wäggital an der Ostseite des Züricher Sees werden zurzeit zwei Kraftwerke fertiggestellt, die mit zusammen 140 000 PS Leistung die größten Wasserkraftwerke der Schweiz darstellen werden. Durch diese Werke werden die Wasserkräfte der Aa und des in diese einmündenden Trebsenbaches ausgenutzt. Das erste Staubecken ist bei dem Ort Innertal angelegt. Das Wasser wird durch einen 3677 m langen Stollen mit 3 vT Gefälle zum ersten Wasserschloß und von dort durch die anschließende Rohrleitung zu dem 241 m tiefer liegenden Kraftwerk von Rempen geführt. Hier nimmt ein zweites Staubecken das Wasser des Trebsenbaches auf, das dann durch einen zweiten Stollen mit Wasserschloß und eine anschließende Rohrleitung nach dem 194 m tiefer liegenden Kraftwerk von Siebnen geleitet wird. („Le Génie Civil" 19. Sept. S. 241.) [N 987 g] W. S.

Eiserne Gerüste für den Zusammenbau von Kraftwagenteilen.

Die gebräuchlichen Zusammenbaugerüste aus Holz verhinderten bisher häufig durch ihre Schwerfälligkeit eine schnelle Arbeit. Da sie sich ferner beim Überschreiten einer bestimmten Belastung leicht verbogen, litt darunter die Genauigkeit des Anpassens der einzelnen Teile erheblich. Diese Nachteile vermeidet ein eisernes Gerüst, das von der Packard Motor Co., Detroit, ausgeführt worden ist. Mit diesen Gerüsten will man nicht nur Kosten sparen, sondern auch die Güte der Erzeugnisse heben. („Machinery", September 1925 S. 45.) [N 987 h] Sd.

μ-Metall.

Auf der Versammlung des Iron and Steel Institute in Birmingham wurden einige Mitteilungen über eine Reihe von Legierungen gemacht, die hauptsächlich aus Nickel und Eisen bestehen und als μ-Metalle in der Elektrotechnik bekannt sind. Die kennzeichnende Zusammensetzung des μ-Metalles ist 74 vH Nickel, 20 vH Eisen, 5,3 vH Kupfer und 7 vH Mangan. Die Legierung wird in einem besonderen Hochfrequenz-Induktionsofen erschmolzen. Die magnetische Permeabilität beträgt 7000. Das Kennzeichnende dieser Legierung sind niedrige Hystereseverluste bei hoher Permeabilität. Zur Erhöhung des elektrischen Widerstandes der Legierung für bestimmte Zwecke genügen geringe Zusätze von Wolfram, Chrom, Silizium, Vanadium, Titan, Molybdän oder Aluminium. Bei mehr als 8000 km Unterwasserkabel soll diese Legierung demnächst verwendet werden. Diese neue Legierung erinnert stark an eine andre, die bereits 1922 unter dem Namen Permalloy in der Elektrotechnik bekannt wurde und aus 80 vH Nickel und 20 vH Eisen besteht. („Engineering" 25. Sept. 1925 S. 379.) [N 987 il Wf.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Bau großer Elektrizitätswerke. Von G. Klingenberg. 2. verm. u. verb. Aufl. Berlin 1924, Julius Springer. 608 S. m. 770 Abb. Preis 45 ℳ.

Wir besitzen ganz gewiß in Deutschland eine Anzahl hervorragender Persönlichkeiten, die zum Schreiben eines Werkes von bleibendem Wert über den Bau großer Elektrizitätswerke fähig wären. Darunter befinden sich aber leider sehr wenige, die unter Berücksichtigung ihrer Alltagslast und der umfangreichen Arbeiten, die gerade heute leitenden Persönlichkeiten zufallen, auch noch in der Lage sind, nebenher ihre Erfahrungen und ihr Wissen schriftlich niederzulegen. Um so dankbarer muß daher die Technik jenen Männern sein, die die große Energie aufbringen, neben dem Hauptberuf auch noch Werke zu schreiben, wie es Prof. Dr. Klingenberg getan hat. Gegenüber den früheren Auflagen[1]) weist das unter Einfügung vollkommen neuer Kapitel, unter wesentlicher Erweiterung des Stoffes verfaßte neue Werk den äußerlichen Vorteil auf, in einem Band vereinigt zu sein.

Ob das vorliegende Werk für den Studierenden, für den jungen Ingenieur, für den erfahrenen Betriebsleiter, für die leitenden Persönlichkeiten großer Werke oder für den Nichtfachmann, der sich über den Bau großer Elektrizitätswerke und über die Verteilung elektrischer Energie unterrichten will, den größten Wert hat, ist schwer zu sagen. Jeder für seine Person wird beim Studieren der klaren und überzeugenden Ausführungen gewinnen können, am meisten aber wohl der erfahrene Fachmann selbst, der in dem Buch eine außerordentlich wertvolle Grundlage für sein Wissen und für sein Können vor sich hat. Aus dem ungemein vielseitigen Inhalt können hier nur wenige Punkte zur Besprechung herangezogen werden.

Als Leiter eines größeren Elektrizitäts-Versorgungsbetriebes habe ich zu dem Kapitel über Wirtschaftlichkeit und Energiegestehungskosten in Abhängigkeit von Größe und Ausnutzungsfaktor nur zu bemerken, daß die errechneten Stromkosten nur relativ verstanden werden können, zumal die eigentlichen Gestehungskosten eines jeden Elektrizitätswerkes ja nur auf Grund der tatsächlichen Verhältnisse, die sich immer wieder ändern können und ändern werden, zu berechnen sind. Diese Bemerkung erscheint mir deshalb wichtig, damit Nichtfachleute aus den berechneten Zahlen nicht irgendeinen Schluß auf scheinbare Gewinne der Elektrizitätswerke ziehen, nachdem ihnen bisher ja immer nur die Verkaufskosten bekannt gewesen sind. Das Wertvolle der gegebenen Rechnungsgrundlagen ist die übersichtliche Zusammenfassung in mathematische Formeln, die deshalb sehr nützlich sind, weil sie dem entwerfenden Ingenieur und dem Betriebsleiter ein Mittel an die Hand geben, um sich außerordentlich rasch rechnerisch zu orientieren, falls diese oder jene Änderung oder Voraussetzung eintritt.

Die hauptsächlich während des Krieges an Bedeutung gestiegenen Nebenproduktenanlagen im Zusammenhange mit der Elektrizitätserzeugung sind ebenfalls ausführlich behandelt, wobei die angestellten vergleichenden Berechnungen ein sehr interessantes Ergebnis brachten, nämlich daß die besonders in der Zeit der Kohlennot aufgestellte Behauptung, die unmittelbare Verbrennung der Kohlen unter Verzicht auf die Gewinnung der Nebenerzeugnisse stelle eine ungeheure Verschwendung von Brennstoffen und nationalem Vermögen dar, irreführend ist. Jedenfalls weist der Verfasser schlagend nach, daß Belastungsfaktor, Spitzenleistung, Kohlenpreis und Preis der Nebenprodukte hier eine ausschlaggebende Rolle spielen, ohne deren genaue Kenntnis nie vorausgesagt oder berechnet werden kann, welche Anlagen die wirtschaftlichsten sind.

Bei der Behandlung der Elektrizitätsversorgung von Großstädten erwähnt der Verfasser die englische Auffassung, wonach die städtischen Betriebe nicht in erster Linie Überschüsse abzuwerfen haben, sondern billigen Strom liefern sollen, daß also jede Verbesserung der Wirtschaftlichkeit in erster Linie den Verbrauchern zum Vorteil gereichen soll, eine Auffassung, die von den deutschen Werken wohl nicht geteilt wird, da die deutsche Auffassung doch im allgemeinen dahin geht, daß der elektrische Strom, soweit er für Kleinverbraucher in Frage kommt, nicht nach den Erzeugungskosten, sondern nach seinem Verbrauchswert bezahlt werden muß, wobei selbstverständlich die Erzeugungskosten eine maßgebende Grundlage mitbilden. Für Großverbraucher bildet das Kräftespiel zwischen ihren etwaigen Selbstkosten und den Kosten des Großerzeugers die ausschlaggebende Rolle, wobei nicht übersehen werden darf, daß, wenn Neuerungen auf dem Gebiete der Stromerzeugung und Verteilung auftreten, diese in erster Linie von den öffentlichen Elektrizitätswerken eingeführt werden müssen, um stets mit den Eigenanlagen der Großbezieher in Wettbewerb treten zu können. Entsprechend starke Rücklagen für dadurch unbrauchbar werdende Maschinen und Maschinenanlagen dürften daher, besonders zurzeit, mehr als je erforderlich sein, wodurch sich ganz von selbst diejenigen Leitgedanken ergeben, die beim Verkauf elektrischer Energie Grundlage werden müssen.

In einer etwaigen späteren Neuauflage wird sich der Verfasser über die Verwendung von höheren Spannungen als 100 000 V bei Fortleitung großer Arbeitsmengen auf große Entfernungen und Kupplung großer Kraftwerke hoffentlich ausführlicher äußern. In Amerika dürften Erfahrungen über solche Anlagen bereits vorliegen, über die aber heute noch nicht das letzte Wort gesprochen werden kann.

Wenn die Freileitungen ganz besonders ausführlich behandelt worden sind, so dürfte das darauf zurückzuführen sein, daß hauptsächlich die Wechselstromversorgung ausschlaggebend geworden ist, und daß der größte Teil der gesamten erzeugten Energie mittels Freileitungen von den Erzeugerstätten fortgeleitet und verteilt wird. Trotzdem würde der Wert des Buches nur vergrößert werden, wenn der Verfasser hier auch einiges über Verteileranlagen unter Benutzung von Umformern oder Gleichrichtern, also bei Umwandlung von Drehstrom in Gleichstrom, sagen würde. Für die Verteilung in großen Städten muß man auch heute noch den Gleichstrom als gegeben voraussetzen und sich mit der Schaffung von entsprechenden Umformeranlagen abfinden.

Im engsten Zusammenhang mit der Stromverteilung stehen auch die Fragen, die aufgeworfen werden, wenn an Stelle von Freileitungen Kabel benutzt werden. Auch hierüber hat sich der Verfasser nicht ausgelassen, obwohl unter Berücksichtigung der Betriebsicherheit die Fortleitung elektrischer Energie mittels unterirdisch verlegter Leitungen, besonders in neuerer Zeit, eine wesentlich höhere Bedeutung gewonnen hat.

Daß Kabel für 30 000 V Spannung jetzt vollkommen betriebsicher gebaut werden können, dürfte jedem Fachmann, der mit der Elektrizitätsverteilung zu tun hat, bekannt sein. Daß auch betriebsichere Kabel bereits bis 60 000 V gebaut worden sind, ist vielleicht neu. Das Ausland ist hier als Schrittmacher vorangegangen, und auch in Deutschland ist ein Kabel für diese Spannung verlegt worden, worüber eingehendere Betriebserfahrungen jedoch noch nicht vorliegen.

Klingenberg dürften auch auf diesem Gebiete, sowohl nach der konstruktiven als auch nach der betriebstechnischen Seite, weitgehende Erfahrungen zur Verfügung stehen, so daß möglichst auch diese Frage in einer Neuauflage ausführlicher behandelt werden sollte. Die Sicherheit in der Fernversorgung kann durch Verwendung von Kabeln wesentlich erhöht werden. Eine kritische Würdigung der Vor- und Nachteile von Kabelverbindungen und Freileitungen durch den Mund des Verfassers würde daher ganz besonders bedeutungsvoll erscheinen.

Der wertvollste Inhalt des ganzen Buches dürfte wohl in dem Kapitel „Richtlinien für den Bau großer Elektrizitätswerke" enthalten sein. Wenn der Verfasser dort bei der Übersicht über das Arbeitsgebiet erwähnt, daß sehr oft das seitens der Besteller in der Regel zu stark betonte Streben nach höherem Wirkungsgrad den Hersteller zu gewagten Konstruktionen veranlaßt, die normalen Beanspruchungen zwar standhalten, bei außergewöhnlichen Vorkommnissen aber zusammenbrechen, so hat er wohl insoweit bestimmt recht, als damit zum Ausdruck gebracht wird, daß Elektrizitätswerke, die heute eine so ungeheure lebenswichtige Bedeutung haben, überhaupt nicht Maschinenanlagen einbauen sollen, die sogenannte Grenzleistungs-

[1]) Z. Bd. 67 (1913) S. 1597.

maschinen enthalten. Vom Standpunkte des Betriebsleiters von Elektrizitätswerken kann einer solchen Auffassung nur vollkommen beigepflichtet werden. Die Betriebsicherheit muß bei Elektrizitätswerken stets den Ausschlag geben. Sie ist an die Spitze zu stellen, und auch die Herstellerfirmen sollten sich diesen Grundsatz zu eigen machen. Gerade diese veranlassen sehr oft unter dem Druck des Wettbewerbes weniger vorsichtige Betriebsleiter zum Einbau von Anlagen, die dann eine dauernde Quelle von Störungen und Betriebschwierigkeiten bilden. Die Interessen der Hersteller und der Werkverwaltungen müßten gerade hier vollkommen gleichgerichtet sein.

Nach Hinweis auf ausgeführte Anlagen in Amerika bespricht der Verfasser auch die Verbesserungen und die möglichen Ersparnisse im Kohlenverbrauch durch Erhöhung des Kesseldruckes und der Überhitzertemperaturen, worüber in den letzten Jahren sehr viel gesprochen und geschrieben worden ist. Die Ergebnisse dieser Überlegungen haben jedenfalls eine Anzahl großer öffentlicher Elektrizitätswerke veranlaßt, die Erweiterungen für hohe Kesseldrücke und hohe Überhitzertemperaturen vorzusehen, um den besseren Wirkungsgrad bei Umsetzung von Wärme in Kraft verwerten zu können. Allerdings muß wiederholt werden, daß auch hier wieder die Betriebsicherheit an erster Stelle zu stehen hat, und daß gegebenenfalls Ersparnisse von 1 bis 3 vH, die außerdem nicht sicher sind, keine Veranlassung geben dürfen, Anlagen zu schaffen, die den Betrieb außerordentlich verwickelt machen. Ob daher Elektrizitätswerke in absehbarer Zeit mit Wärmeverbrauchzahlen von 3800 kcal/kWh rechnen können, wäre durch noch zu sammelnde mehrjährige Betriebserfahrungen nachzuweisen.

Die hohe Anerkennung, die das Werk Klingenberg nicht nur in deutschen, sondern auch in ausländischen Elektrizitätskreisen erfahren hat, und von der ich mich persönlich zu wiederholten Malen habe überzeugen können, dürfte ein weiterer Beweis für den wertvollen Inhalt des Buches sein. Klingenberg hat sich durch sein Werk ein Denkmal gesetzt, das in der Geschichte der Elektrizität ein dauernder Markstein bleiben wird.

[E 821] Dr. Xaver Mayer.

Schnellaufende Dieselmaschinen. Von Prof. Dr.-Ing. O. Föppl, Dr.-Ing. H. Strombeck und Prof. Dr. techn. L. Ebermann. 3. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. Preis 11,40 ℳ.

Wenn der erstgenannte Verfasser im Vorwort auf den Mangel des Buches hinweist, den die getrennte Bearbeitung des Stoffes durch drei Verfasser mit sich bringt, so kann ihm zum Troste dienen, daß sich der Leser im allgemeinen wohl kaum bei der Benutzung des Buches dieses Mangels bewußt werden wird.

Das Buch wendet sich nicht an den Anfänger, sondern setzt die grundsätzlichen Kenntnisse der Dieselmaschine voraus. Es sucht die reichen Erfahrungen, die die drei Verfasser nach verschiedenen Richtungen hin sammeln konnten, zusammenzufassen und auf die einschlägigen Grundgesetze der Konstruktion zurückzuführen. Das Buch erhält seinen besonderen Wert dadurch, daß es seinen Stoff um die einzelnen Betriebsfragen von höchster Wichtigkeit gruppiert, über die man in der bisher erschienenen Dieselmaschinen-Literatur keine so vollständige, tiefgreifende und durch persönliche Erfahrungen gestützte Betrachtung der vielgestaltigen baulichen und betrieblichen Anforderungen der Dieselmaschine findet.

Jeder, auch der erfahrene Konstrukteur, wird aus dem Buche wertvolle Anregungen gewinnen, die weit über die im Titel ausgesprochenen Grenzen nutzbar gemacht werden können. Wenn ich einen auf die äußere Einheitlichkeit des Buches gerichteten Wunsch geltend machen darf, so sei auf die Unterschiede in der zeichnungstechnischen Behandlung der Abbildungen verwiesen, die wahrscheinlich auf den jeweiligen Firmenursprung der Zeichnungsvorlage zurückzuführen ist und sich durch Umzeichnen einzelner Vorlagen, z. B. Abb. 7 S. 14, Abb. 16, S. 21, Abb. 23, S. 31, zum Vorteil des in sich geschlossenen Eindrucks beheben lassen würden. [E 806] Nägel.

Entwerfen im Kranbau, ein Handbuch für den Zeichentisch. Von Prof. Rudolf Krell. In 2 Bänden, 1. Bd. 214 S. nebst einer Beilage: Elektrische Kranausrüstungen von Obering. Christian Ritz, 2. Bd. 99 Taf. mit 1052 Abb. München-Berlin 1925, R. Oldenburg. Preis geb. 32 ℳ.

Die umfangreiche Literatur über den Kranbau findet in dem vorliegenden Werk eine eigenartige Ergänzung nach der Konstruktionsseite hin. Das Buch setzt allgemeine und insofern sogar recht weitgehende Kenntnisse im Kranbau voraus, als auf die Ableitung der Grundformen nicht eingegangen ist. Diese Beschränkung setzt den Verfasser in die Lage, auf verhältnismäßig beschränktem Raum den Gegenstand, das Entwerfen, recht gründlich zu behandeln. Dem steht allerdings der Nachteil gegenüber, daß der gewissenhafte, aber nicht sehr geübte Leser auch häufig gezwungen sein wird, die vorhandene, im Quellennachweis S. 205 erwähnte Literatur zu Rate ziehen zu müssen.

Wie schon aus der großen Anzahl von Tafeln zu schließen, ist auf die zeichnerische Behandlung großer Wert gelegt. Wenn darin auch gelegentlich etwas zu weit gegangen wurde, z. B. in der Bestimmung der Raddrücke von Laufkranen, so ist doch die Benutzung der zeichnerischen Darstellung bequemer, deutlicher und eindringlicher als die einer Formel. Als ganz besonders gelungen sind hervorzuheben die Kapitel über die vereinigte Wirkung von Band- und Backenbremsen, über die Wirkungsgrade beim Heben und Senken unter Rücksichtnahme auf die Leerlaufarbeit, über die Maßnahmen, die bei Wippkranen getroffen werden, um beim Wippen die Last in der Wagerechten zu führen, über die Standfestigkeit von Kranen, auch mit Rücksicht auf das Pendeln der Last, und über Reiterdrehkrane. Es ist auffällig, daß die Normenblätter des NDI, von denen doch zahlreiche hierhergehörige erschienen sind, nicht aufgenommen wurden, ebenso wie Zahlentafeln über ausgeführte Laufkrane, Kugellager, Achshalter usw.

Die zahlreichen, gut ausgewählten Abbildungen und Berechnungsbeispiele werden dem Konstrukteur besonders willkommen sein. Der Abschnitt über die elektrischen Ausrüstungen gibt insbesondere wertvolle Anhaltpunkte über die Wahl der Motoren und Steuerungen nach Ausführung der Siemens-Schuckert-Werke.

Des Zusammenhanges halber wäre bei einer Neuauflage ein ähnlicher Abschnitt über die Berechnung der Eisenkonstruktionen von Kranbrücken und Krangerüsten sehr wünschenswert. Die großen Vorzüge des Werkes können durch die genannten kleinen und leicht behebbaren Mängel nicht beeinträchtigt werden. Ursprünglich als Behelf für den Konstruktionsunterricht gedacht, wird das Buch zweifellos seinen Weg in die Konstruktionsbureaus finden und auch erfahrenen Ingenieuren manche Anregung geben.

[E 777] R. Dub.

Metallographie. Von W. Guertler. Bd. II T. II H. 6: Die elektrische und thermische Leitfähigkeit. Von A. Schulze. 2. u. 3. Liefg. Berlin 1925, Gebr. Borntraeger. S. 561 bis 940. Abb. 221 bis 393. Preis 40 ℳ.

Jahrbuch der Elektrotechnik. Von Karl Strecker. Jg. XII, 1923. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg. 258 S. Preis 13 ℳ.

Festigkeit der Schiffe. Von W. Dahlmann. Berlin 1925, Julius Springer. 196 S. m. 129 Abb. Preis 19,50 ℳ.

Leichtflugzeugbau. Von G. Lachmann. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg. 141 S. m. 107 Abb. Preis 6,50 ℳ.

Analytische Geometrie. Von Adolf Heß. Berlin 1925, Julius Springer. 172 S. m. 140 Abb. Preis 7,50 ℳ.

Feuerschutz in Fabriken. Von Maximilian Reichel. Hrsg. v. O. Sander. Berlin 1925, Julius Springer. 62 S. Preis 4,50 ℳ.

Handbuch der Reichs-, Privat- und Kleinbahnen. 2. Aufl. Berlin 1925, H. Apitz. 560 S. Preis 6 ℳ.

Die Kunst, geistig vorteilhaft zu arbeiten. Von Dr. Jannert. 6. Aufl. Stuttgart 1925, Franckhsche Verlagsbuchhandlung. 80 S. Preis 2 ℳ.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 69 SONNABEND, 17. OKTOBER 1925 NR. 42

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1340.

Die Verflüssigung der Kohle.

Von Dr. Friedrich Bergius, Heidelberg.

Vorgetragen auf der Kohlentagung in Essen am 26. April 1925.

Die Weltgewinnung von Erdöl wird in Zukunft den Bedarf nicht decken. Besonders Europa ist auf künstliche Herstellung von Ölen angewiesen. Kohlendestillation. Physikalische und chemische Verfahren. Das Berginverfahren. Jahrelange Versuchsergebnisse und Betriebserfahrungen in den Rheinauer Anlagen führen zur Errichtung einer industriellen Kohlenverflüssigungsanlage.

Die Bedeutung des Studiums der chemischen Natur und der Möglichkeiten der Kohlenaufarbeitung ist im letzten Jahrzehnt in Deutschland ebenso wie im Ausland von Jahr zu Jahr immer mehr erkannt worden. Eine umfangreiche wissenschaftliche Literatur und Patentschriften über Verfahren zeigen die Wichtigkeit der neuen Richtung der technischen Forschung. Der wirtschaftliche Antrieb zu diesen Arbeiten kam aus zwei Richtungen: Auf der einen Seite leidet die Kohlenindustrie unter einer Überproduktion besonders ihrer minderwertigen Erzeugnisse und Sortierungen, und sie hofft, durch Umwandlung der Kohle in hochwertigere Stoffe einen neuen Markt für ihre Produktion zu finden, wenn es gelingt, den festen Brennstoff in flüssigen zu verwandeln. Anderseits zwingt die ungeahnt schnelle Entwicklung des Verbrauches an flüssigen Brennstoffen, deren Mangel den meisten europäischen Staaten zu einer drohenden politischen Gefahr wird, zu Maßnahmen, um aus dem einzig möglichen Rohstoffe für die Herstellung flüssiger Brennstoffe, aus der Kohle, das Benzin und das Treiböl, die Schmieröle und das Heizöl zu gewinnen. Wie dringend die Frage der Ölversorgung ist, erkennt man an der Entwicklungskurve des Verbrauches, der im Jahre 1900 noch nicht 20 Mill. t betrug und heute auf 135 Mill. t angestiegen ist.

RZ944 Z16

Ansicht des Hauptteiles der Rheinauer Betriebsanlage.

Zahlentafel 1. Entwicklung der Gewinnung an flüssigen Brennstoffen.

1900	19 570 000	t
1910	43 900 000	„
1920	98 842 000	„
1922	121 325 000	„
1923	133 951 000	„
1924	135 065 000	„ (geschätzt).

Man bedenke, daß alle Kriegsschiffe und ein sehr bedeutender Teil der Handelsflotte[1]) auf Ölfeuerung angewiesen sind, deren Vorteile so beträchtlich sind, daß für die Wärmeeinheit aus Öl 2½mal so viel bezahlt wird, wie für die Wärmeeinheit der Kohle; man bedenke, daß die Entwicklung des Dieselmotors, besonders für die Schiffahrt, noch in den Anfängen steht, und daß die Zahl der Kraftwagen in der Welt von 2 Mill. im Jahre 1914 bis auf über 20 Mill. heute angestiegen ist, eine Zahl, die noch größer sein würde, wenn nicht weite Flächen des europäischen Wirtschaftsgebietes in ihrer technischen Entwicklung zurückgeblieben wären. Man verfolge auf der andern Seite die Berichte der Geologen über die Unwahrscheinlichkeit der dauernden Ergiebigkeit der Erdölquellen, bei deren Verteilung über die Welt Europa ungünstig abgeschnitten hat und von den immer mächtiger werdenden außereuropäischen Nationen abhängig bleibt. Uns wird dann verständlich, von welch ungeheurer Bedeutung, nicht nur privatwirtschaftlicher Art, die Möglichkeit sein wird, flüssige Brennstoffe aus der Kohle in beliebigen Mengen herzustellen.

Zur Lösung dieses großen Problems wurden mehrere, grundsätzlich verschiedene Wege eingeschlagen.

Kohlendestillation.

Man hat sich im letzten Jahrzehnt an vielen Stellen Deutschlands und des Auslandes unter Aufbietung großer technischer Energie und bedeutender Summen bemüht, die in der Kokerei und der Gasherstellung viele Jahrzehnte lang technisch benutzte Reaktion der Kohlendestillation genauer zu studieren und diesen Prozeß so zu leiten, daß er eine größere Ausbeute an flüssigen Brennstoffen liefert als die Kokerei und die Gasherstellung, deren wertvollste Nebenerzeugnisse Benzol und Teer sind.

Die wertvollen Arbeiten des Mülheimer Kohlenforschungsinstituts bilden einen wichtigen und wesentlichen Beitrag zur Aufklärung der chemischen Grundlagen für die Tieftemperaturteer-Gewinnungs- und -Schwelverfahren. Diese unterscheiden sich grundsätzlich dadurch von dem Kokereiprozeß, daß die Kohle bei wesentlich niedrigerer Temperatur aufgespalten wird, und daß demgemäß ihre Erzeugnisse, Koks, Gas und Teer,

[1]) Während im Jahre 1914 nur ein geringer Teil der Handelsflotte mit Öl beheizt wurde, wurden im letzten Jahre von der Gesamtflotte Amerikas und Englands 38 vH mit Öl und nur noch 62 vH mit Kohle beheizt. Vergl. auch Z. Bd. 69 (1925) S. 388 u. 856.

in etwas andern Mengenverhältnissen und andrer Zusammensetzung entfallen, als bei der Hochtemperatur-Destillation in der Kokerei und Gasanstalt. Anstatt der Teerausbeute von 5 vH erhält man bei der Schwelerei 7 bis 10 vH Tieftemperaturteer, der aber einen größeren Bestandteil an sauerstoffhaltigen Verbindungen enthält als der Kokereiteer. Deshalb ist, abgesehen von Sonderfällen der bitumenreichsten Kohle, im allgemeinen die Ausbeute an guten flüssigen Brennstoffen bei der Schwelerei nicht sehr viel größer als bei der Kokerei. Der hohe Gehalt an Kreosoten ist auch der Grund dafür, daß die Schwelteere einen niedrigeren Preis erzielen als die Kokereiteere.

Vom Standpunkt der Wirtschaft der flüssigen Brennstoffe aus betrachtet, bedeutet demnach die Tieftemperatur-Teergewinnung keine Lösung der Aufgabe. Sie wird, wenn es gelingt, ohne Schädigung des Koksmarktes bedeutende Absatzmöglichkeiten für Halbkoks zu schaffen, eine sehr erwünschte Verwendung minderwertiger Kohlen im Laufe der Jahre ermöglichen, und dadurch werden gewisse Mengen von Tieftemperaturteer auf den Markt kommen, die neben dem Kokereiteer vielleicht eine nicht unbedeutende Rolle spielen könnten. Das sind allerdings Mengen, die, gemessen am Gesamtverbrauch an flüssigen Brennstoffen, praktisch kaum in die Erscheinung treten werden; denn die Weltherstellung an Ölen aus der Kokerei und Gaserzeugung beträgt nur wenige Millionen Tonnen, also nur einen verschwindenden Teil des Weltölverbrauchs.

Jeder Techniker weiß, daß die Gewinnung von Kokereiteer nur gesteigert werden kann bei einem entsprechenden Ansteigen des Koksverbrauches, und daß es unsinnig wäre, Kokereien zu bauen, um Teer zu gewinnen, wenn für das Haupterzeugnis, Koks, kein angemessener Absatz besteht.

Die unnatürlichen Verhältnisse auf dem Kohlenmarkt während der Kriegs- und Nachkriegszeit sind wohl der Grund dafür gewesen, daß diese Verhältnisse bei der Beurteilung der Anwendungsmöglichkeiten der Tieftemperaturteer-Verfahren nicht immer klar erkannt worden sind.

Heute besteht bei den Sachverständigen völlige Klarheit darüber, daß bei den Schwelverfahren, ebenso wie bei den alten Koksdestillationen, Öl ein Nebenerzeugnis ist, dessen Gewinnung die Wirtschaftlichkeit des Halbkoksprozesses in ähnlicher Weise erhöht, wie der Steinkohlenteer den Kokereibetrieb wirtschaftlicher macht.

So ergibt sich, daß die Kohlendestillationsverfahren, nach neuzeitlichen Gesichtspunkten entwickelt, den Kohlenzechen Vorteile für die Verwertung der schwer absetzbaren Erzeugnisse schaffen können, falls genügend Abfluß für den Halbkoks gefunden wird, daß aber dem Wirtschaftler und dem Politiker, der bemüht sein muß, seinem Lande den rasch ansteigenden Ölbedarf zu sichern, ohne in weiter steigende Abhängigkeit von ausländischen Öllieferern zu kommen und ohne ungeheure Beträge in fremden Währungen zu bezahlen, der technische Weg der Kohlendestillation keine oder nur sehr geringe Aussicht bieten kann. Die Frage der Ölbeschaffung, die immer mehr in den Vordergrund des politischen Interesses der europäischen Nationen tritt, kann nur gelöst werden durch Verfahren, die die Kohle in Öl verwandeln, ohne daß bei dem Prozeß in wesentlichem Umfang andre Erzeugnisse entstehen als Öl selbst. Und dieses Öl muß in solchen Ausbeuten erzeugt werden, daß der in der eingesetzten Kohle enthaltene Kalorienwert in genügendem Maß in Form von Öl wieder zurückgewonnen werden kann, um das Verfahren wirtschaftlich möglich zu machen.

Solche Verfahren hat man Kohlenverflüssigungsprozesse genannt.

Physikalische Verfahren.

Vor einigen Jahren ist ein mechanischer Weg zur Kohlenverflüssigung vorgeschlagen worden, der darin besteht, daß Kohle äußerst fein gemahlen und in kolloidaler Form in Mineralölen suspendiert werden soll, um auf diese Weise ein Heizöl zu ergeben. Eine solche Suspension enthält natürlich die Asche der Kohle. Sie würde sich für Verbrennungsmotoren nicht verwenden lassen, sondern höchstens für Kesselheizung, wenn es wirklich gelingen sollte, sie dauernd in bestimmter Zusammensetzung herzustellen. Über die praktische Verwendbarkeit solcher durch Kohle gestreckter Heizöle ist nichts bekannt geworden.

Auch die Auflösung von Kohle in irgendwelchen Lösungsmitteln verspricht keinen Erfolg, da ein zwar wechselnder, aber immer nur sehr kleiner Teil[1]) der Kohlensubstanz in Lösung gebracht werden kann.

Chemische Verfahren.

Ein mittelbarer chemischer Weg, um Kohle in leicht flüssige Öle zu verwandeln, ist schon vor mehr als einem Jahrzehnt in Patentanmeldungen der Badischen Anilin- und Sodafabrik beschrieben worden. Er beruht darauf, daß Kohlenoxyd in Gegenwart geeigneter Katalysatoren mit Wasserstoff zur Reaktion gebracht werden kann und, je nach der Art der angewandten Kontaktstoffe und der Arbeitsbedingungen, in kohlenwasserstoff- oder sauerstoffhaltige Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen verwandelt werden kann. Auf diese Erkenntnis hat die Badische Anilin- und Sodafabrik ihr Methanolverfahren gegründet, mit dem sie heute sehr bedeutende Mengen von Methylalkohol aus Wassergas unter Druck herstellt.

Daß sich auf diesem Weg auch Mischungen von kohlenwasserstoff- und alkoholartigen Verbindungen herstellen lassen, die als Motorbetriebstoffe verwendet werden können, ist auch durch die Veröffentlichungen Franz Fischers aus den Arbeiten des Mülheimer Kohlenforschungsinstituts bekannt geworden[2]). Das Erzeugnis ist mit dem Namen Synthol bezeichnet worden. Ein solches Verfahren würde zwar nicht die gesamte Ölfrage lösen können, aber es würde von außerordentlicher Bedeutung für die Herstellung der leichten Öle, der Kraftwagen-Betriebstoffe werden können.

Grundsätzlich ist dieser Weg nicht sehr wirtschaftlich, weil der in der Kohle vorhandene Wasserstoff (4 bis 5 vH) bei der Herstellung der flüssigen Kohlenwasserstoffe nicht ausgenutzt wird. Der in der Steinkohle am Kohlenstoff gebundene Wasserstoff wird bei der Koksherstellung in elementaren Wasserstoff umgewandelt; bei der Umwandlung von Koks in Wassergas wird nun Sauerstoff an den Kohlenstoff angelagert, den man durch ein Kontaktverfahren mit Hilfe reinen Wasserstoffes, zu dessen Herstellung ein bedeutender Brennstoffaufwand erforderlich ist, erst zu Wasser reduzieren muß. Wasserstoff muß von neuem an den Kohlenstoff angelagert werden, damit Kohlenwasserstoffe entstehen. Nimmt man als für den Wasserstoffverbrauch günstigsten Grenzfall, der aber chemisch unmöglich ist, den wasserstoffärmsten Kohlenwasserstoff an, der in Frage kommt, also das Benzol, so würde für die Gleichung

$$6\,CO + 9\,H_2 = 6\,H_2O + C_6H_6$$

der Wasserstoffverbrauch für die Herstellung von 1 kg Kohlenwasserstoff mindestens 231 g betragen; praktisch wird der Verbrauch noch größer sein.

Es bleibt abzuwarten, ob es möglich sein wird, den für diese katalytische Reaktion erforderlichen Wasserstoff genügend wirtschaftlich herzustellen, um bei diesem hohen Verbrauch die Kohlenwasserstoff-Herstellung nicht allzu kostspielig zu machen.

Es ist sehr gut möglich, daß in Verbindung mit andern Prozessen dieses Verfahren wirtschaftliche Bedeutung erlangen kann, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, daß hier andre standortliche Voraussetzungen herrschen als bei dem weiter unten beschriebenen Hydrierungsverfahren.

Durch Behandlung der Kohle mit Sauerstoff lassen sich auch gewisse Mengen flüssiger Verbindungen herstellen, wie die Arbeiten des Mülheimer Kohlenforschungsinstituts gezeigt haben. Diese Verbindungen haben aber im wesentlichen sauren Charakter und kommen also gemäß ihren Eigenschaften als flüssige Brennstoffe nicht in Frage; denn die Einführung von Sauerstoff in

[1]) Fritz Hofmann und Paul Damm, Mitteilungen a. d. Kohlenforschungsinstitut Bd. 1 S. 114.

[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 15.

eine Kohlenstoffverbindung bedeutet im Grunde nichts andres als eine partielle Verbrennung.

Die unmittelbare Umwandlung des Kohlenstoffs in Kohlenwasserstoffe auf einem in der klassischen organischen Chemie üblichen Wege, nämlich durch unmittelbare Reduktion mit Jodwasserstoffsäure, hat Berthelot schon im Jahre 1869 durchgeführt. Diese theoretisch außerordentlich interessante Reaktion zeigt, daß der Kohlenstoff das Jod aus der Jodwasserstoffsäure frei zu machen vermag unter Anlagerung von Wasserstoff an das Kohlenstoffmolekül. Die entstandenen Kohlenwasserstoffe hatten petroleumartigen Charakter. Für eine praktische Anwendung aber kommen die Versuche von Berthelot nicht in Frage, weil es offensichtlich ökonomisch vollkommen unmöglich ist, die großen Wasserstoffmengen, die für die Umwandlung von Kohlenstoff und Kohlenwasserstoffen erforderlich sind, über Jodwasserstoffsäure anzulagern.

Andre Reduktionsmittel, insbesondere das einzige billig herstellbare, nämlich der elementare Wasserstoff selbst, führen bei Anwendung dieses Verfahrens nicht zum Ziel.

Eine Reaktion zwischen elementarem Wasserstoff und Kohlenstoff ist nur bei solchen Temperaturen möglich, bei denen die höheren, flüssigen Kohlenwasserstoffe nicht mehr beständig sind. Man kann Kohlenstoff durch Überleitung von Wasserstoff bei hoher Temperatur in die niedrigsten, die gasförmigen Kohlenwasserstoffe, insbesondere in Methan, verwandeln. Bei tieferen Temperaturen, bei denen die höher molekularen, flüssigen Kohlenwasserstoffe noch beständig sein können, ist diese Reaktion, die thermodynamisch möglich wäre, experimentell nicht zu verwirklichen, weil die Reaktionsgeschwindigkeiten praktisch gleich null sind. Es besteht auch keine Aussicht, diese Reaktion durch Katalysatoren zu beschleunigen, zumal katalytische Wirkungen zwischen festen Körpern und Gasen nicht ohne weiteres zu vermitteln sind.

Nach dem derzeitigen Stand der chemischen Kenntnisse auf diesem Gebiete scheint es also nicht möglich zu sein, den Kohlenstoff selbst mit Wasserstoff in der Weise zur Reaktion zu bringen, daß flüssige Kohlenwasserstoffe, also Öle entstehen. Ohne Vermehrung des Wasserstoffgehalts aber kann aus Kohle oder gar aus Kohlenstoff Kohlenwasserstoff nicht gewonnen werden.

Ein Weg zur Lösung der Kohlenhydrierungsfrage konnte erst gefunden werden, nachdem man sich grundsätzlich darüber klar geworden war, daß ein gewaltiger Unterschied besteht zwischen dem chemischen Element Kohlenstoff und den hochkohlenstoffhaltigen und wasserstoffarmen Verkokungserzeugnissen der Kohle einerseits und der chemischen Verbindung oder der Gruppe der chemischen Verbindungen anderseits: dem Mineral Kohle. Denn Kohlenstoff und Kohle sind, chemisch betrachtet, grundverschiedene Stoffe von ganz verschiedenen Reaktionsmöglichkeiten.

Die praktische Durchführung der Kohlenhydrierungsreaktion, deren Eigenschaften und Erforschung im folgenden auseinandergesetzt werden sollen, beruhte auf zwei Gedankengängen, die in meinem Laboratorium in Hannover in den Jahren 1910 bis 1913 experimentell verfolgt worden waren.

Über die chemische Natur des Minerals Kohle war wenig Genaues bekannt. Auf Grund gewisser Reaktionen der Kohlen waren an verschiedenen Stellen Konstitutionsüberlegungen angestellt worden, von denen sich aber keine zur allgemeinen Anerkennung hatte durchringen können. Es schien mir damals wünschenswert, den Vorgang der natürlichen Kohlenbildung, über den eine Reihe von Studien experimenteller Art früher schon durchgeführt worden war, unter Anwendung der Überlegungen und Verfahren der neuzeitlichen physikalischen Chemie laboratoriumsmäßig nachzuahmen[1]). Ein besonderes Studium wurde dem Teil der Kohlenbildungsreaktion gewidmet, den man schon früher mit dem Wort „Inkohlungsprozeß" bezeichnet hat, nämlich dem Zerfallvorgang der pflanzlichen Substanz, der nach einer freiwillig verlaufenden Reaktion erfolgt, in der Natur Millionen von Jahren in Anspruch nimmt, und dessen Nachahmung im Laboratorium bei erhöhten Temperaturen versucht wurde. Hierbei gelang es, Temperaturen innezuhalten, bei denen die sich bildenden Kohlen noch als beständig betrachtet werden müssen.

Es wurde festgestellt, daß diese Inkohlungsreaktion, deren Ausgangsubstanz die Holzsubstanz, also im wesentlichen Zellulose und Lignin, ist, unter genau wiederherstellbaren Verhältnissen bis zu einem Endzustande durchgeführt werden konnte, bei dem die entstehende kohlige Substanz auch bei wesentlich gesteigerter Reaktionsdauer keine Veränderung mehr erlitt. Die bis zu diesem unveränderlichen Zustand durchgeführte Reaktion lieferte Kohlensäure, Wasser und eine kohlige Substanz, die mit dem Wort „Endkohle" bezeichnet wurde, und deren Zusammensetzung bei analog durchgeführten Versuchen konstant war. Ebenso waren die Mengen an Kohlensäure und Wasser unveränderlich. Man konnte also annehmen, daß man eine bestimmte chemische Reaktion vor sich hatte. Die Endkohle entsprach ihrem Gehalt an Kohlenstoff; Wasserstoff und Sauerstoff nach normalen Flammkohlen insbesondere solcher Flöze, die durch Gebirgsdruck nicht wesentlich beeinträchtigt waren.

Die Ergebnisse dieser Versuche, die gemeinsam mit meinen Assistenten, den Herren Specht und Billwiller, ausgeführt wurden, ermöglichten, Überlegungen anzustellen über die chemische Struktur des Moleküls des entstandenen festen Reaktionserzeugnisses, das ich als der natürlichen Kohle sehr ähnlich auffaßte.

Ich kam durch diese Überlegungen zu einer Arbeitshypothese, die sich während der weiteren Arbeit als äußerst brauchbar erwiesen hat. Ob diese Hypothese theoretische Berechtigung besäße, sollte nicht erörtert werden, und ich habe es aus diesem Grund unterlassen, diese Konstitutionsüberlegungen zu veröffentlichen.

Diese Hypothese betraf die Konstitution der bei meinen Versuchen entstandenen Kohle und ermöglichte mir, festzustellen, welcher Klasse von chemischen Verbindungen die Kohle nahesteht. Der Vergleich mit ähnlichen Stoffen und gewisse Beobachtungen über die Wasserstoffabspaltung aus der Endkohle machten es mir wahrscheinlich, daß diese Endkohle nicht nur Wasserstoff abzuspalten, sondern auch Wasserstoff einzulagern fähig sein müßte, und daß eine solche Verbindung mit einer ziemlich bedeutenden Zahl von Wasserstoffatomen die Bildung kohlenwasserstoffähnlicher Körper aus der Endkohle zur Folge haben müßte.

Es war die Frage, mit welchen experimentellen Mitteln man es ermöglichen könnte, die Wasserstoffeinlagerung praktisch durchzuführen.

Hier kamen uns Untersuchungen zustatten, die parallel zu den erwähnten, insbesondere von Herrn Kalnin, in meinem Laboratorium durchgeführt wurden. Sie betrafen die Spaltung von schweren Ölen in leichte in Gegenwart von Wasserstoff unter hohem Druck und bildeten die Grundlage für spätere technische Arbeiten über die Benzingewinnung aus schweren Ölen unter gleichzeitiger Hydrierung[2]). Diese Untersuchungen hatten gezeigt, daß schwere Kohlenwasserstoffe während der bekannten Spaltreaktion Wasserstoff einzulagern vermögen, wenn dessen Partialdruck genügend hoch ist. Diese Reaktion vollzieht sich, wie festgestellt werden konnte, ohne Einwirkung von Katalysatoren, was für die technische Auswertung der Reaktion von grundlegender Bedeutung war. Der bei diesen Versuchen zur Anwendung kommende Druck lag zwischen 100 und 120 at, und die bei der Spaltung entstehenden Kohlenwasserstoffe waren, im Gegensatz zu denen, die bei der üblichen Krackreaktion gewonnen werden, praktisch gesättigte Erzeugnisse.

Dieses Verfahren der Einwirkung gasförmigen Wasserstoffes unter Hochdruck und ohne Katalysatorwirkung konnte benutzt werden, um die oben erwähnte, auf Grund der Arbeitshypothese vorausgesehene Kohlenhydrierungsreaktion auch im Versuch zu verwirklichen.

[1]) F. Bergius, Die Anwendung hoher Drucke bei chemischen Vorgängen und eine Nachbildung des Entstehungsprozesses der Steinkohle, S. 47. Halle 1913, Wilhelm Knapp.

[2]) Ztschr. f. angew. Chemie Bd. 34 (1921) S. 341.

Abb. 4. Anordnung der Geräte zur Druck- und Temperaturregelung.

Die Kohlenverflüssigung durch unmittelbare Hydrierung.

In der Tat führte schon der erste Versuch, der auf Grund der Hypothese nach dem erwähnten Verfahren mit einigen Gramm meiner künstlichen Endkohle durchgeführt wurde, zu dem Ergebnis, daß von der angewandten Kohle nur rd. 15 vH zurückblieben, während der Rest aus flüssigen und gasförmigen Stoffen bestand. Spätere Versuche mit natürlicher Kohle von ähnlichem Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, z. B. einer normalen, oberschlesischen Flammkohle, führten praktisch zu dem gleichen Ergebnis.

Unterrichtende Versuche.

Diese Versuche, die ich gemeinsam mit meinen Mitarbeitern, den Herren Specht und Billwiller, im Sommer 1913 durchführte, wurden die Grundlage für die erste Patentanmeldung über die Kohlenverflüssigung[1]).

Die damals benutzte Versuchsanordnung zeigt Abb. 1. In einem Hochdruckgefäß befindet sich ein Glaseinsatz, in den die Kohle eingebracht wurde. Das Gefäß wurde mit Wasserstoff von etwa 100 at beschickt und auf etwa 350 bis 400 °C erwärmt. Nach einigen Stunden wurde abgekühlt. In dem Glaseinsatz befand sich eine Masse, von der man Öl abdestillieren konnte. Der Destillationsrückstand wurde extrahiert; rd. 15 vH des angewandten Kohlengewichts waren übriggeblieben; der Rest war in flüssige, lösliche und gasförmige Bestandteile verwandelt.

Die Durchführung der Reaktion in einem Glasgefäß bewies von vornherein, daß katalytische Einflüsse der eisernen Bombenwände nicht in Frage kamen, so daß es sich also um eine unmittelbare Reaktion des elementaren, gasförmigen Wasserstoffes handelte.

Es stellte sich bald als zweckmäßig heraus, zur besseren Vermischung von Gas- und Flüssigkeitsphase während der Reaktion eine gute Durchmischung durchzuführen, wozu ein Apparat, Abb. 2, benutzt wurde, in dem der gewünschte Zweck durch Drehung eines Hochdruckrohres, in dem sich die Reaktion abspielte, erreicht werden konnte.

[1]) DRP Nr. 301 231 vom 9. August 1913.

Die chemische Analyse der in diesen Apparaten hergestellten flüssigen Erzeugnisse ergab, daß es sich um leichtere und schwerere Kohlenwasserstoffe handelte, in denen gewisse Mengen von Phenolen enthalten waren. Nur ein Teil des in der Kohle noch enthaltenen Sauerstoffes wurde während des Hydrierungsprozesses in Wasser verwandelt; der Rest blieb in den Phenolen erhalten. Es konnte auch festgestellt werden, daß in dem Reaktionswasser Ammoniak enthalten war.

Die Untersuchung verschiedenartiger, natürlicher Kohlen ergab schon damals, daß die hochkohlenstoffhaltigen weniger für die Reaktion geeignet waren als diejenigen, die weniger als 85 vH Kohlenstoff, berechnet auf Asche und wasserfreie Substanz, enthielten. Das war auch theoretisch erklärlich, weil das Studium der Endkohle ergeben hatte, daß diese durch Einwirkung hohen Druckes in eine kohlenstoffreichere Verbindung verwandelt wurde unter Abscheidung von Methan, Wasserstoff und Kohlensäure[2]). Die durch hohe Pressung eingetretene, durch das erwähnte Experiment genau nachgewiesene Reaktion der Kohle verändert scheinbar die chemische Struktur der Kohle so, daß der Wasserstoffangriff geringer ist als bei der Endkohle.

Nachdem diese Versuche in den Jahren 1913 und 1914 grundsätzlich die Möglichkeit der Kohlenhydrierungsreaktion gezeigt hatten und eine allgemeine chemische Orientierung geschaffen war, wurde in den darauffolgenden Jahren, in denen die Forschungsarbeit durch die Kriegs- und Nachkriegsverhältnisse außerordentlich behindert wurde, das Schwergewicht auf die Durchbildung der zur technischen Durchführung der Vorgänge notwendigen Hochdruckapparaturen gelegt. Es wurden in Mannheim-Rheinau Versuchsanlagen in großem Maßstabe geschaffen, in denen vorerst die oben erwähnte Ölspaltungsreaktion studiert wurde. Erst vom Jahre 1921 an, nach

[2]) Ztschr. f. Elektrochemie Bd 19 (1913) S. 858.

Abb. 1. Stehendes Hochdruckgefäß mit Glaseinsatz.

Abb. 5. Temperatur-Druck-Linien von Gasflammkohle.
a unter Wasserstoffdruck (Versuch 1459)
b unter Stickstoffdruck (Versuch 1608).

Zahlentafel 2.
a Versuch unter Wasserstoffdruck.

	in vH der Rohkohle	in vH der Reinkohle
Gesamtöl . .	62,5	67,0
Restkohle . . .	14,9	15,9
Bergingas . . .	11,7	12,5
H_2-Verbrauch .	3,8	4,1

b Versuch unter Stickstoffdruck.
90 vH festgebackene Koks.

Abb. 2. Drehbares Hochdruckgefäß.

Abb. 3. 2 l-Drehbombe.

dem die Hauptschwierigkeiten der Hochdrucktechnik überwunden waren, wurden umfangreiche Forschungsarbeiten über die Kohlenhydrierung von neuem begonnen und die dafür erforderlichen Versuchsanstalten und Werkstätten errichtet, die so ausgestattet wurden, daß umfangreiche Versuchsreihen mit verschiedenartigen Kohlen unter verschiedenen Bedingungen im Versuchsmaßstab sowohl als im vergrößerten halbtechnischen Maßstab durchgeführt werden konnten.

Planmäßige Versuche im aussetzend arbeitenden Verfahren.

Die Versuche wurden mit einer größeren und praktischeren Einrichtung und nach einem wesentlich verbesserten und genaueren Verfahren durchgeführt. Die Durchbildung des Verfahrens sowohl wie die Leitung der Versuche lagen in den Händen von Herrn Dr. Hofsäß. Die Kohlen werden in eine Bombe, Abb. 3, mit oder ohne Zusatzöle eingefüllt; der Wasserstoff wird kalt eingepreßt. Die Bomben drehen sich während der Erhitzung in besonders konstruierten Drehgestellen. Temperatur und Druck werden außerhalb des Erhitzungsraumes geregelt, Abb. 4. Der Druck steigt infolge der Erhitzung zuerst beträchtlich. Wenn man der Reaktionstemperatur nahekommt, wird die Drucksteigerung infolge der Wasserstoffabsorption geringer, und vor Beendigung der Reaktion tritt ein beträchtlicher Druckabfall ein, Abb. 5 und Zahlentafel 2.

Die Temperaturdrucklinie ist für jede Kohlensorte kennzeichnend, so daß für den Fachmann schon aus dem Verlauf der Schaulinien wichtige Schlüsse auf den spezifischen Reaktionsverlauf bei der untersuchten Kohle gezogen werden können. Aus dem Verlauf dieser Linien kann man bei geeigneter Einstellung der Beheizung die exothermische Natur des Prozesses deutlich erkennen.

Nachdem die Reaktionsbombe abgekühlt ist, wird das darin enthaltene Gas in einen Gasometer abgelassen. Es besteht aus dem nicht verbrauchten Wasserstoff und den während des Vorganges entwickelten Gasen.

Nach Öffnung des Apparates wird das Erzeugnis entnommen. Die leichten Bestandteile werden abdestilliert, der Rückstand zwecks Abtrennung der Asche und der Restkohle mit Benzol aufgenommen und auf diese Weise die Asche und die Restkohle von der in Öl umgewandelten Substanz befreit. Das Destillat und der vom Benzol wieder befreite Extrakt ergeben zusammen die Ölausbeute aus der Kohle.

Eine der wichtigsten Feststellungen, sowohl für die theoretische wie für die praktische Seite der Kohlenverflüssigung, ist die, wie groß der Anteil der Kohle ist, der durch den Verflüssigungsprozeß aufgeschlossen wird oder, mit andern Worten, welcher Anteil der Gesamtkohle als Kohlensubstanz zurückbleibt, d. h. als ein Stoff, der, ebenso wie die Kohle, unschmelzbar und praktisch unlöslich ist, sowie fernerhin, welche Mengen des aufgeschlossenen Kohlenanteils an flüssigen Brennstoffen, welche Mengen an Gasen und welche in andrer Form entstehen.

Betrachtet man zuerst nur die als kohlenartige Substanz übrigbleibende Rückstandmenge, deren Quantität dadurch ermittelt wird, daß man das gesamte Reaktionsprodukt zur Destillation bringt und den Destillationsrückstand durch Benzol oder ein ähnliches Extraktionsmittel von der löslichen Substanz befreit, so verbleibt die nicht aufgeschlossene Kohlensubstanz mit der Asche. Diese „Kohlensubstanz" ist nicht mehr identisch mit der Ausgangskohle. Sie ist wesentlich ärmer an flüchtiger Substanz und entsprechend reicher an Kohlenstoff. Ihre Mengen wechseln sowohl nach den Arbeitsbedingungen wie nach der Eigenart der verarbeiteten Kohle. Es gilt hier im allgemeinen die Regel, daß, im Vergleich verschiedener Versuche, in denen nur die Temperatur verändert wird, die Menge dieser unlöslichen Kohlensubstanz, von uns Organisch-Benzol-Unlösliches (O. B. U.) genannt, mit steigender Temperatur zuerst abnimmt, unter den geeignetsten Bedingungen dann einen kleinsten Wert erreicht und bei weiter steigender Temperatur wiederum zunimmt. Es gibt also für jede Kohle einen Höchstwert an Aufschluß, der durch besondere Versuche ermittelt werden muß. Dieser Höchstwert wechselt bei Kohlen verschiedenen Ursprunges und verschiedener Natur. In der Regel können junge Kohlen weitgehender aufgeschlossen werden als ältere. So sind z. B. Braunkohlen untersucht worden, bei denen der übrigbleibende kohlige Rückstand weniger als 1 vH betrug, während bei Gasflammkohlen die Werte der praktisch nicht aufschließbaren Substanz bei rd. 10 vH liegen. Bei Flammkohlen rechnen wir mit rd. 15 vH unlöslicher Substanz.

Mit dem erwähnten Verfahren sind über 2000 Versuche durchgeführt worden. Zahlentafel 3 (S. 1318) enthält die wichtigsten dieser Versuche und gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Reaktion bei sehr verschiedenartigen Kohlen. Die Versuche sind teilweise durch Behandlung der Kohle für sich allein, teilweise in Gegenwart von Verteilmitteln durchgeführt worden. Bei den letzteren Versuchen ist von der praktisch gewonnenen Ölausbeute die durch Parallelversuche am reinen Verteilmittel festgestellte Ölausbeute in Abzug gebracht.

An dieser Stelle sei bemerkt, daß aussetzende Versuche nicht nur in den 2 l fassenden Bomben, sondern auch in 40 l fassenden Apparaten durchgeführt wurden, bei denen die Kohle allein ohne Zusatz eines Verteilmittels hydriert wurde, um auf diese Weise größere Mengen von Erzeugnissen zu erhalten, die durch keine Zusatzöle in ihren chemischen Eigenschaften beeinflußt waren. Diese Rückstände wurden ausführlich chemisch aufgearbeitet, um die Natur der reinen Kohlenhydrierungserzeugnisse studieren zu können. Es würde an dieser Stelle zu weit führen, hierauf näher einzugehen; es sei nur bemerkt, daß es experimentell schwieriger ist, solche Versuche ohne Verteilmittel durchzuführen, weil die hohe Reaktionswärme leicht Verkokungen zur Folge hat. Es hat sich bei später beschriebenen, nicht aussetzenden Arbeiten bestätigt, daß im normalen ununterbrochenen Arbeitsvorgang die gleichen Erzeugnisse gewonnen wurden wie bei den hier erwähnten Versuchen.

Den klarsten Einblick in den Verlauf der Reaktion gewinnt man bei Betrachtung der Ölausbeute, berechnet auf Reinkohle, wobei Feuchtigkeit und Asche ausgeschaltet sind. Man sieht, daß der Aschengehalt als solcher praktisch keinen Einfluß auf die Umwandlung der Kohlensubstanz hat. Man sieht ferner, daß Kohlen, die für gewöhnliche Verwendungsarten als minderwertig angesehen werden, sich bei der Hydrierung sehr günstig verhalten, daß, im Gegensatz dazu, aber Kohlen, die als hochwertig betrachtet werden, durchaus nicht die höchsten Ölmengen liefern. Die reinen Kokskohlen zum Beispiel sind nicht die besten Hydrierkohlen. Mit steigendem Kohlenstoffgehalt gehen die Ausbeuten etwas zurück. Die Ausbeuten aus Halbkoks gibt Zahlentafel 4 an.

Die Ausarbeitung des scheinbar recht einfachen Verfahrens zur Untersuchung vieler Kohlen hat anfänglich beträchtliche Schwierigkeiten gemacht; besonders als man die Anforderung genauer Versuchsbilanzen und unbedingt wiederholbarer Werte stellte. Das Umgehen mit den Hochdruckapparaten und die genaue Beheizung erfordern gut geschulte Kräfte.

Zahlentafel 4. Die Ausbeute aus Halbkoks.

Vers.-Nr.	Rohstoff	Berginöl		Gesamtöl (Berginöl + Schwelöl)		Organ.-Benzol-Unlösl.		Wasserstoffverbrauch		
		in vH der Rohhalbkoks	in vH der Rohkohle	in vH der Rohkohle	in vH der Reinkohle	in vH der Rohkohle	in vH der Reinkohle	in vH der Rohhalbkoks	in vH der Rohkohle	in vH der Reinkohle
1956	Halbkoks aus Bombe	50,5	42,1	49,5	59,8	8,9	10,7	4,0	3,4	4,0
1959	„ „ „	54,0	45,0	52,4	63,3	5,4	6,5	3,6	3,0	3,6
1967	„ „ Destillationskessel	61,8	50,2	57,6	69,0	5,4	6,3	3,5	2,9	3,5
1946	Rohkohle	—	55,5	55,5	67,0	4,8	5,8	—	4,1	5,0

Zahlentafel 3. Einige Ergebnisse der planmäßigen Versuche nach dem aussetzend arbeitenden Verfahren mit 2 l- und 40 l-Gefäß.

Kohle Nr.	Vers.-Nr.	Rohanalyse der wasserfreien Kohle: Asche	Rein-koks	Flüchtige Bestandteile	Flüchtige Bestandteile in der Reinkohle	Ergebnisse: Ölausbeute in vH der Rohkohle	Ölausbeute in vH der Reinkohle	Restkohle (O.-B.-U.) in vH der Rohkohle	Restkohle (O.-B.-U.) in vH der Reinkohle
				Rheinisch-Westfälische Steinkohlen.					
201	1553	5,3	58,0	36,7	38,7	45,7	50,8	18,8	21,1
202	1497	4,7	60,3	35,0	36,8	40,0	44,0	21,2	24,0
203	1545	5,6	62,0	32,4	34,4	48,5	52,5	17,0	18,6
204	1546	4,6	62,8	32,6	34,2	42,5	44,5	25,0	26,3
205	1509	5,0	65,2	29,8	31,4	39,0	41,0	25,4	27,0
206	1478	31,6	49,5	18,9	29,4	36,4	55,8	10,3	15,7
210	1539	6,2	83,0	10,8	11,5	43,3	46,7	37,6	43,0
211	1543	7,7	82,6	9,7	10,5	40,0	44,0	40,7	44,5
215	1586	6,2	70,3	23,5	25,0	50,5	54,2	23,0	25,0
216	1565	6,0	73,0	21,0	22,4	51,4	54,7	26,4	28,1
217	1567	7,4	73,1	19,5	21,1	45,0	48,6	32,0	34,6
218	1560	11,2	68,3	20,5	23,0	38,7	44,9	22,2	25,7
207	1570	6,3	65,8	27,9	29,4	52,2	56,0	22,2	23,8
208	1531	3,1	73,7	23,2	24,0	35,6	37,0	23,0	24,0
209	1534	4,0	70,0	26,0	27,0	42,3	44,0	27,0	28,0
212	1591	1,1	82,0	16,9	17,1	37,0	38,0	30,0	31,0
213	1550	9,5	75,5	15,0	16,6	35,7	37,8	26,3	29,5
214	1551	7,5	73,0	19,5	21,1	40,5	45,3	23,3	26,0
219	1615	8,6	60,5	30,9	33,9	48,8	54,0	10,5	11,6
				Sonstige deutsche Kohlen.					
252	913	13,2	66,8	20,0	23,0	36,0	41,5	18,0	20,8
220a	1682	9,3	67,7	23,0	25,4	40,0	45,0	27,6	30,0
220b	1677	17,7	58,0	24,3	29,5	42,0	51,0	22,0	27,0
220a	1745	11,2	64,2	24,6	27,7	41,0	46,2	26,4	29,8
220f	1743	18,1	60,5	21,7	26,4	38,6	47,2	24,2	29,6
224	1777	18,3	66,7	15,0	18,4	41,2	51,2	22,0	28,4
225	—	18,0	61,3	20,7	25,2	—	—	—	—
226	1807	6,5	70,3	23,2	24,8	48,5	52,0	19,3	20,7
227	1809	5,6	72,4	22,0	23,4	46,0	49,0	24,3	26,0
221	1789	24,0	54,5	21,5	28,3	43,0	60,0	13,3	18,5
222	1816	7,7	68,5	23,8	25,8	48,0	57,0	17,1	20,0
232	389	11,0	50,5	38,5	43,3	56,0	63,0	3,2	3,6
233	1084	5,5	—	—	—	35,0	37,0	14,0	14,8
228	1858	8,0	56,5	35,5	38,5	68,0	80,0	0,6	0,7
231	1926	34,5	37,0	28,5	43,5	42,8	66,0	3,5	5,1
				Ausländische Kohlen.					
1	1346	14,8	55,0	31,2	36,2	52,0	60,2	26,0	29,8
2	1349	15,7	53,6	31,0	36,5	43,8	51,7	25,4	29,3
3	1351	23,7	47,0	29,3	38,4	37,0	48,4	19,3	24,3
4	1354	28,9	43,3	27,8	39,0	31,5	44,2	27,3	36,4
101	1457	18,3	48,3	33,4	40,8	48,0	61,0	7,9	10,0
102	1461	6,0	60,5	33,5	35,7	62,2	66,7	8,3	8,9
103a	1464	4,2	60,0	35,8	37,3	51,7	54,3	13,6	14,3
103b	1466	9,8	54,2	36,0	40,0	56,3	65,4	8,0	9,3
105a	1483	5,9	66,5	27,6	29,3	50,0	52,4	11,4	12,4
105b	1472	9,4	65,2	25,4	28,0	47,0	54,6	10,6	12,3
105c	1598	9,5	69,2	21,3	23,5	48,7	55,6	12,9	14,7
104a	1467	5,0	64,0	31,0	32,6	51,0	53,8	17,5	18,4
104b	1469	4,5	63,5	32,0	33,5	49,1	52,3	15,5	16,5
104c	1471	7,5	73,5	19,0	20,5	43,0	46,8	22,2	24,1
106a	1486	11,1	58,0	30,9	34,7	36,6	46,0	24,8	27,8
106b	1537	15,7	54,7	29,6	35,1	50,6	57,5	13,9	15,8

Kohle Nr.	Vers.-Nr.	Rohanalyse der wasserfreien Kohle: Asche	Rein-koks	Flüchtige Bestandteile	Flüchtige Bestandteile in der Reinkohle	Ergebnisse: Ölausbeute in vH der Rohkohle	Ölausbeute in vH der Reinkohle	Restkohle (O.-B.-U.) in vH der Rohkohle	Restkohle (O.-B.-U.) in vH der Reinkohle
				Ausländische Kohlen.					
107a	1489	7,4	57,8	34,8	37,6	51,0	58,6	10,3	11,8
107b	1493	12,1	50,3	37,6	42,8	40,7	51,8	17,7	22,6
108a	1496	23,3	45,7	31,0	40,5	38,2	48,8	16,4	21,0
108b	1499	4,0	56,0	40,0	41,7	49,8	51,4	18,2	18,8
109a	1518	5,3	59,5	35,2	37,2	51,5	58,0	13,4	15,1
109b	1514	11,0	56,5	32,5	36,5	57,6	63,0	15,5	16,9
109c	1515	7,9	59,3	32,8	35,6	54,8	61,6	11,0	12,4
110a	1517	4,8	59,0	36,2	38,0	51,8	55,3	17,5	18,7
110b	1521	7,7	63,0	29,3	31,8	56,0	64,0	11,4	13,0
110c	1526	8,0	61,5	30,5	33,0	42,4	47,6	19,3	21,8
111a	1527	11,4	55,4	33,2	37,5	52,2	60,5	14,0	16,2
111b	1530	8,5	53,6	37,9	41,4	50,8	57,0	13,9	15,6
111c	1529	8,4	57,4	34,2	37,4	45,7	54,8	14,6	17,5
112a	1549	11,0	49,5	39,5	44,4	57,2	64,8	13,1	14,8
112b	1552	4,0	56,6	39,4	46,0	57,2	61,2	9,3	9,9
112c	1555	7,1	59,5	33,4	36,0	50,0	54,5	15,7	17,1
113	1563	6,4	60,6	33,0	35,2	48,0	52,5	15,8	17,3
114	1581	7,0	64,0	29,0	31,2	51,5	57,7	15,6	17,4
115	1590	5,5	72,5	22,0	23,3	52,6	55,8	15,9	16,9
116	1674	44,0	37,0	19,0	34,0	29,0	53,0	8,1	14,7
301	1594	32,5	25,5	42,0	62,4	35,0	53,0	4,2	6,3
302	1595	16,8	37,8	45,4	54,5	39,0	48,0	4,3	5,3
Torf 303	1655	16,5	32,5	51,0	61,0	37,0	44,0	8,6	10,3
304	1628	5,0	63,5	31,5	33,2	49,0	51,0	17,4	18,3
305	1645	4,5	63,5	32,0	33,5	58,0	61,0	11,3	11,9
306	1642	27,0	48,0	25,0	34,3	48,0	66,0	10,0	13,8
307	1622	36,0	34,0	30,0	46,8	27,0	43,0	10,7	17,0
308	1633	14,8	43,6	41,6	48,8	56,0	66,0	1,0	1,7
309	1646	16,7	42,5	40,8	49,0	52,0	63,0	1,3	1,6
310	1854	7,3	61,0	31,7	34,2	50,0	54,0	15,0	16,2
311	1879	11,6	56,0	32,4	36,7	53,5	60,5	15,5	17,5
312	1883	7,6	60,7	31,7	34,3	60,0	65,0	13,4	14,5
403	1878	17,2	41,8	41,0	49,5	54,2	66,0	8,9	10,7
499	1430	15,0	45,0	40,0	47,0	64,3	75,0	0,9	1,1
401	1902	12,2	54,3	33,5	38,2	46,5	57,0	17,0	21,0
402	1853	12,2	57,8	30,0	34,2	46,2	53,2	16,2	18,7
404	1882	9,9	61,6	28,5	31,6	56,1	61,7	14,5	15,9
405	1859	13,0	61,5	25,5	29,4	49,2	57,2	19,8	23,0
406	1884	4,7	76,8	18,5	19,4	47,2	48,0	34,6	35,2
407	1920	11,4	70,6	18,0	20,3	28,7	32,4	25,6	28,9
408	1895	11,0	55,0	34,0	38,2	52,0	60,7	14,1	16,5
411	1896	21,8	49,6	28,6	36,6	41,0	54,0	16,6	21,7
501	1695	13,7	47,6	38,7	45,0	54,0	63,0	2,1	2,4
599	522	11,6	40,0	48,4	54,6	54,0	67,7	11,8	14,8
502	1929	8,4	64,4	27,2	29,6	62,2	68,0	15,7	17,1
601	1691	7,5	51,3	41,2	44,5	58,0	62,8	10,2	11,0
723	1292	18,8	47,5	33,7	41,5	56,4	62,0	4,1	4,5
723a	1758	18,3	47,2	34,5	42,2	56,0	71,5	2,8	3,6
723b	1762	14,5	49,9	35,6	41,6	56,2	72,8	2,7	3,5
723c	1761	14,7	48,5	36,8	41,9	54,4	77,5	3,1	4,4
724	886	14,3	62,2	23,5	27,5	38,0	45,4	13,4	16,0
801	1369	18,3	43,9	37,8	46,3	47,5	63,0	4,3	5,7
802	1391	2,0	32,0	66,0	67,3	35,0	35,7	18,0	18,4

Es ist sehr erfreulich, daß es nunmehr an den verschiedensten Stellen gelungen ist, die lange so schwierig erscheinenden diskontinuierlichen Laboratoriumsversuche zu wiederholen.

Sowohl im Kohlenforschungsinstitut in Mülheim wie auch im Ausland, in Holland, Belgien und England, wurden ähnliche Versuche durchgeführt und darüber berichtet. Zum Teil ist es bei diesen Versuchen gelungen, ebenso hohe Ölausbeuten zu erhalten, wie wir sie auf Grund unsrer langjährigen Erfahrungen erreichen konnten[1]).

Besondere Versuchsreihen mußten angestellt werden, um den Einfluß von Zeit, Temperatur und Druck auf die Reaktion festzustellen und zu erkennen, in welcher Weise die Reaktion durch verschiedenartige Zusätze beeinflußt wird, und wie die verschiedenen Komponenten der Kohlensubstanz sich bei der Reaktion verhalten.

An dieser Stelle mag es auch vielleicht angebracht sein, einen Versuch zu beschreiben, der häufiger durchgeführt wurde, um die oft bezweifelte Einwirkung des Hochdruckwasserstoffes auf die Kohle klar zu zeigen. Es ist häufig gesagt worden, daß die Hydrierungsreaktion nichts anderes sei als eine Urteergewinnung unter Druck, d. h. daß in Gegenwart andrer Hochdruckgase bei den von uns verwandten Temperaturen die gleichen Ölmengen entstehen würden wie bei dem von uns angewandten Wasserstoff-Druckverfahren.

Wenn auch schon aus dem Druckdiagramm der kleinen, hier beschriebenen Versuche ohne weiteres hervorging, daß sehr beträchtliche Wasserstoffmengen, rd. 5 vH Gewichtsteile der angewandten Kohle, verbraucht wurden, so genügte vielfach dieser Beweis noch nicht, weil der Einwand gemacht wurde, die hier verwandten Gefäße könnten undicht sein. Der schlagende Beweis konnte aber erbracht werden, als man zwei Parallelversuche unter den gleichen Temperatur- und Druckverhältnissen anstellte, den einen mit Wasserstoff, den andern mit Stickstoff.

In Abb. 5 und Zahlentafel 2 sind die Parallelversuche in Schaulinien und Zahlen einander gegenübergestellt. Im Verlauf der Drucklinien ist deutlich der Unterschied zwischen dem Wasserstoff- und dem Stickstoffversuch zu erkennen. Noch deutlicher aber ergibt sich das Ergebnis aus den Reaktionserzeugnissen. Während beim Wasserstoffversuch nur 15,9 vH der Kohle zurückblieben und der Rest in flüssige und gasförmige Erzeugnisse verwandelt war, war bei dem Stickstoffversuch fast die gesamte Kohle als Koks zurückgeblieben.

Der Einfluß von Zeit und Temperatur auf den Reaktionsverlauf ergibt sich aus Zahlentafel 5, in der zwei besonders kennzeichnende Versuche verglichen sind. Beide Versuche ergaben praktisch die gleiche Umsetzung der Kohle, gemessen an dem Rückstand. Bei der niedrigeren Temperatur war eine entsprechend längere Versuchsdauer erforderlich.

Ähnlich wie bei den meisten chemischen Reaktionen steigt die Reaktionsgeschwindigkeit mit der Temperatur an. Die Steigerung der Geschwindigkeiten durch Temperaturerhöhung ist natürlich nach oben begrenzt, da bei allzu hoher Temperatur keine Hydrierung, sondern Verkokung eintritt. Die Optimal-Temperaturen für die meisten Kohlen liegen zwischen 450 und 480 °C. Bei hohen Temperaturen wird die Geschwindigkeit der Verkokungsreaktion der Kohle so groß, daß die Hydrierung nicht mehr nachfolgen kann. Es stellt sich also ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Verkokungs- und Hydrierungsreaktion ein, das bei der

[1]) Franz Fischer und Wilhelm Frey, Brennstoffchemie 1925 S. 69 bis 79. H. I. Waterman und J. N. J. Perquin, Berginiseering van Emmakool, „De Ingenieur" Bd. 40 (1925) Nr. 19. P. Bruylants, L'ennoblissement des combustibles, Bull. de la Soc. Chimique de Belgique Bd. 32 (1923). M. P. Erculisse, La Transformation du Combustible solide en Combustible liquide, Bull. de la Soc. Belge des Ingénieurs et des Industriels Bd. 4 (1923) Heft 1. H. G. Shatwell and J. Ivon Graham, The Hydrogenation and Liquefaction of Coal, „Fuel in science and practice" Bd. IV (1925) Januarheft.

Zahlentafel 5. Der Einfluß von Zeit und Temperatur auf den Reaktionsverlauf.

Vers.-Nr.	Temperatur °C	Dauer min	Restkohle in vH der Reinkohle
1221	460	60	11,5
1229	480	15	12,6

Zahlentafel 6. Einfluß des Druckes.

Vers.-Nr.	Anfangsdruck (kalt) at	Restkohle in vH der Reinkohle
1221	100	11,5
1237	75	17,2
1238	50	Koksbildung

Optimal-Temperatur nach der Seite der Hydrierungsrektion verschoben ist. Aus der Zahlentafel 5 sieht man aber auch, daß mit Senkung der Temperatur die Verflüssigungsreaktion wesentlich verlangsamt wird und schnell in ein Gebiet kommt, wo sie praktisch nicht mehr durchführbar ist.

Es ergibt sich also aus diesen Betrachtungen, daß die Hydrierungsreaktion zwar schon bei tieferen Temperaturen beginnt, aber nur innerhalb einer engen Temperaturspanne von etwa 30 ° gut beobachtbar ist, da sie exotherm verläuft, so daß dadurch schwer kontrollierbare Temperatursteigerungen auftreten können, die nur bei genauer Kenntnis und richtiger Versuchsanordnung vermieden werden. Es ist sehr erklärlich, daß diese Reaktion lange Zeit der Beobachtung entgangen ist.

Den Einfluß des Druckes zeigt Zahlentafel 6. Die angegebenen Wasserstoffdrücke beziehen sich auf kalt eingepreßtes Gas. Die Zusammenstellung zeigt, daß bei Anwendung von nur 50 at Anfangsdruck die Hydrierungsreaktion nicht eintritt, sondern an Stelle von Öl Koks gebildet wurde. Der Wasserstoff-Partialdruck reichte bei diesen Versuchen nicht aus, um der Verkokungsreaktion entgegenzuwirken.

Es ist bereits erwähnt worden, daß man die Reaktion zweckmäßig in Gegenwart eines flüssigen Verteilmittels durchführt, um die entstehende Wärme abzuleiten[2]). Bei der technischen Durchführung der Reaktion ist ein Verteilmittel notwendig, um die Kohle in den Apparat hineinzupressen. Es war wesentlich, festzustellen, ob die Verteilmittel auf den Reaktionsverlauf bedeutsamen Einfluß haben. Zahlentafel 7 gibt hierüber Aufschluß, und man ersieht, daß der Einfluß in keinem Falle sehr bedeutend ist. Versuch Nr. 1659 ohne Verteilmittel ergibt ganz ähnliche Ergebnisse wie die mit verschiedenartigen Ölen angestellten übrigen Versuche.

In den letzten Jahren hat man, angeregt durch die Arbeiten von Wheeler und Stopes[3]), der mikroskopischen Untersuchung der verschiedenen Kohlenbestandteile größere Beachtung geschenkt. Es war interessant, zu studieren, wie sich die vier Bestandteile Fusain, Durain, Clarain und Vitrain bei der Hydrierung verhalten. Die Hydrierungsversuche ergaben, daß Fusain, die Faserkohle, sich am schwierigsten hydrieren ließ. Es wird sich also empfehlen, bei fusainreichen Kohlen diese Substanz abzuscheiden, was, wie die Versuche des Schlesischen Kohlenforschungs-Instituts in Breslau gezeigt haben, und wie kürzlich auch von Groß[4]) veröffentlicht worden ist, praktisch leicht durchgeführt werden kann.

Der anorganische Bestandteil der Kohle verbleibt bei der unaufgeschlossenen Kohlensubstanz. Ein gewisser, wenn auch praktisch unbedeutender Einfluß der verschiedenartigen Aschen auf den Verflüssigungsprozeß scheint vorhanden zu sein.

[2]) Dieses Verfahren ist auch bei Inkohlungsversuchen benutzt worden; s. Bergius, Die Anwendung hoher Drücke bei chemischen Vorgängen und eine Nachbildung des Entstehungsprozesses der Steinkohle, S. 47. Halle 1913, Wilhelm Knapp.

[3]) Marie C. Stopes and R. V. Wheeler, Terminology in Coal Research, „Fuel in science and practice" 1923, Bd. II Nr. 1 S. 5.

[4]) Groß, „Kohle und Erz" Bd. 22 (1925) S. 672.

Zahlentafel 7. Einfluß des Verteilmittels. (Versuche mit einer Gasflammkohle.)

Vers.-Nr.	Verteilungsmittel	Restkohle in vH der Reinkohle
1659	ohne	10,8
1722	Gasanstaltsteer über 230° . .	11,2
1461	Kokereiteer über 230°	8,9
1736	Kresol. D. A. B. 5	11,5
1741	Phenolfraktion aus Kokereiteer	15,0

Das Studium der anorganischen Substanz, das bisher bei uns nur in geringem Umfange durchgeführt werden konnte, wird wissenschaftlich ein beträchtliches Interesse gewinnen, weil hier zum ersten Male die anorganischen Bestandteile der Kohle zugänglich werden, ohne daß sie durch die Verbrennung der Kohle sehr hohen Temperaturen ausgesetzt worden sind.

Untersuchungen über die Bedeutung der Asche in den Kohlen, die von verschiedenen Seiten durchgeführt worden sind, könnten in ein neues Licht rücken, wenn man die Kohlenasche ohne vorangegangenen Verbrennungsprozeß der Untersuchung zugänglich machen würde.

Bei dem Verflüssigungsprozeß wird ein gewisser Teil des Sauerstoffes der Kohle in Form von Wasser wieder gefunden, und zwar beträgt die Menge des Reaktionswassers 5 bis 10 vH der reinen Kohlensubstanz. Hierbei ist natürlich die Grubenfeuchtigkeit der Kohle nicht eingerechnet.

Es muß hierbei beachtet werden, daß nicht der gesamte Sauerstoff der Kohle als Wasser gewonnen wird. Ein gewisser Teil des Sauerstoffes bleibt in organischer Bindung und wird als sauerstoffhaltiges Öl, im wesentlichen als Karbolsäure und Kresole, gefunden. Ein Teil des Sauerstoffes der sauerstoffreichen, jungen Kohle entweicht als Kohlensäure und tritt im Reaktionsgas auf. Ganz geringe Mengen findet man auch als Kohlenoxyd. Jüngere Kohlen werden während des Verflüssigungsprozesses gewissermaßen künstlich gealtert unter Abscheidung von Kohlensäure und Wasser. Hieraus erklärt sich, daß der Wasserstoffverbrauch der sauerstoffreichen, jungen Kohle praktisch der gleiche ist wie der der älteren, berechnet auf gleiches Ölausbringen.

Der gesamte Stickstoff der Kohle ist in organischer Form gebunden. Beim Verflüssigungsvorgang wird diese organische Bindung zum größten Teil aufgehoben, und es entsteht, was unter den Arbeitsbedingungen leicht erklärlich ist, Ammoniak. Dieser Ammoniak wird nicht, wie beim Kokereiprozeß, durch hohe Temperatur in Stickstoff und Wasserstoff gespalten, sondern er bleibt, entsprechend der Temperatur- und Drucklage des Ammoniakgleichgewichtes, als solcher erhalten und ist in den Reaktionsgasen und in dem Reaktionswasser enthalten. Ein andrer Teil des Stickstoffes bleibt in organischer Bindung als Basen in den Ölen verteilt. Das Verhältnis zwischen dem als Ammoniak gebundenen und dem in Form von Basen übrigbleibenden Stickstoff schwankt entsprechend den Arbeitsbedingungen. Die Gesamtausbeute an Ammoniak ist etwa dreimal so groß wie beim Kokereiprozeß.

Schwefel wird in verschiedener Form abgeschieden. Ein Teil des Schwefels bindet sich während des Prozesses an Eisenoxyd, das zu diesem Zwecke der Reaktion zugefügt wird. Die Zufügung von etwas Eisenoxyd hat sich als praktisch herausgestellt, weil der Schwefel bekanntlich die Polymerisation schwerer Öle begünstigt. Solche Polymerisationen sind aber für den Prozeß ungünstig, da sie leicht Verkokungen zur Folge haben. Der Hauptteil des Schwefels befindet sich im Reaktionsgas als Schwefelwasserstoff, und zwar in wesentlich konzentrierterer Form als in den Kokereigasen, so daß seine Gewinnung aus dem Gas ziemlich einfach ist. Die leichten Fraktionen des Öles sind schwefelfrei, ein sehr kleiner Schwefelgehalt ist in den schweren Fraktionen nachzuweisen.

Neben Ölen entstehen beim Verflüssigungsprozeß beträchtliche Mengen von Gasen, was nicht verwunderlich ist, da die Gase ja nur die niedrigen Homologen der Öle-Kohlenwasserstoffe sind. Auf das Gewicht berechnet, bewegen sich die Gasmengen zwischen 15 und 25 vH der Kohlensubstanz. Sie bestehen aus Methan, Äthan und den höheren Homologen. Ungesättigte Kohlenwasserstoffe sind in den Gasen kaum nachzuweisen. Die Menge der entstandenen Gase ist abhängig von der Natur der Kohle und in hohem Maß auch von den Arbeitsbedingungen, insbesondere der Arbeitstemperatur. Bei höherer Temperatur steigt die Menge der Gase. Bei normaler Arbeitsweise entspricht die Menge der gewonnenen Gase, in Kalorien umgerechnet, etwa der Gasmenge, die bei der Kokerei entsteht.

Die Verflüssigungsreaktion der Kohle ist nicht eine Hydrierungsreaktion im üblichen Sinne der organischen Chemie. Sie entspricht nicht der katalytischen Hydrierung ungesättigter Stoffe, bei der sich an die sonst unveränderte Substanz Wasserstoff anlagert; die Kohlenhydrierung ist vielmehr eine Reaktion, bei der sich Wasserstoff während eines Spaltprozesses an das aufbrechende Molekül anlagert, wobei es natürlich außerordentlich schwer ist, festzustellen, ob der Vorgang der Spaltung und der der Hydrierung gleichzeitig eintritt oder ob der eine dem andern zeitlich vorausgeht. Für diese Auffassung spricht die Tatsache, daß die Wasserstoffanlagerung gerade bei den Temperaturen beginnt, bei denen die Kohle anfängt, sich zu zersetzen.

Durch die geschilderten aussetzenden Versuche ist es ermöglicht worden, die Abhängigkeit der Kohlenhydrierungsreaktion von Temperatur, Druck, Zeit und sonstigen Einflüssen zu studieren, und man konnte durch planmäßige Versuche einen Einblick gewinnen in das Verhalten der verschiedenartigsten Kohlensorten gegenüber dieser Reaktion. Die in der 2 l fassenden Bombe durchgeführten Versuche unterrichten hinreichend über das grundsätzliche Verhalten der Kohle, nur sind die auf diese Weise hergestellten Ölmengen natürlich nicht groß genug, um alle Einzelheiten des chemischen Verhaltens der Produkte zu studieren.

Durch die mit Unterbrechungen ausgeführten Versuche in größerem Maßstab konnte in dieser Richtung schon weitere Klarheit geschaffen werden.

Das aussetzende Arbeitsverfahren kommt aber für eine technische Auswertung dieser Reaktion nicht in Frage. Häufiges Öffnen des Druckapparates, Druckentlastungen, Abkühlen und Wiederanheizen würde den Arbeitsvorgang so umständlich und teuer gestalten, daß an eine Wirtschaftlichkeit oder auch nur an eine praktische Arbeitsmöglichkeit gar nicht zu denken wäre. Um den Vorgang ununterbrochen zu gestalten, mußte in allererster Linie ein Verfahren gefunden werden, um die Kohle dem Hochdruckapparat ununterbrochen zuzuführen.

(Schluß folgt.) [B 944]

Verhütung von Explosionen in Druckluftbehältern.

Über eine beachtenswerte Einrichtung zur Verhütung von Explosionen in Druckluftbehältern berichten W. F. Paris und W. B. Smith, Whaley, in einem Vortrag in der American Society of Mechanical Engineers („Power" Bd. 61 (1925) S. 1048).

Explosionen in Druckluftbehältern und Druckluft-Rohrleitungen sind meist die Folge des Auftretens explosionsfähiger Ölluftgemische an Stellen, wo die Luft ruht und keine Erneuerung erfährt, so daß sie sich allmählich mit den aus der Zersetzung des Schmieröles entstehenden Gasen und leichtflüchtigen Dämpfen sättigen kann. Diese Zersetzungserzeugnisse treten auch bei Verwendung der besten Schmieröle auf, so daß auch bei sorgfältiger Schmierung die Gefahr bestehen bleibt. Unter gewissen Bedingungen sind solche explosionsfähigen Gemische in einem unbeständigen Zustand und können durch den leisesten Anstoß zur Entzündung gebracht werden. Wenn solche Zündungen dann häufig auch ohne schädliche Wirkungen für die Druckluftbehälter selbst verlaufen, so können sie sich doch durch ihren aus unvollständiger Verbrennung entstehenden Gehalt an Kohlenoxyd an der Verbrauchstelle der Druckluft schädlich bemerkbar machen. Verlaufen die Zündungen dagegen heftiger, so bieten auch Sicherheitsventile nur einen unvollkommenen Schutz.

Wirksam ist nur, wenn man die Bildung solcher explosionsfähigen Gemische durch Vermeiden von toten Räumen oder die dauernde Erneuerung des Luftinhaltes von Behältern usw. verhindert. Paris und Smith verwenden daher zum Einführen der Luft in den Druckluftbehälter eine Art Spülventil, bei dem die Luft durch dieselbe Öffnung in den Behälter ein- und austritt. Wird Luft aufgespeichert, so öffnet sich ein Durchgang nach dem oberen Teile des Behälters, während die Luft durch ein bis dicht über den Boden des Behälters geführtes Rohr entnommen wird. Dadurch wird der Inhalt gründlich gespült, so daß sich stets nur Luft mit dem normalen Öldampfgehalt im Behälter aufhält und sich dieser Dampf absetzen kann. Die Einrichtung hat sich in jahrelangem Betriebe gut bewährt und das Auftreten von Ölzündungen sicher verhindert. [N 858] W. R.

Betriebs- und Versuchsergebnisse der russischen dieselelektrischen Lokomotive.

Von F. Meineke, Berlin.

Untersuchungen an der russischen Diesellokomotive Nr. 001 in Deutschland.

In der gleichen Weise, in der Professor G. Lomonossoff seit mehr als 25 Jahren Dampflokomotiven wissenschaftlich untersucht und die Ergebnisse in den „Versuchen mit Dampflokomotiven" niedergelegt hat, veröffentlicht er jetzt auch seine „Versuche mit Thermolokomotiven". In regelmäßigem anstandslosem Betrieb zwischen Moskau und dem Kaukasus steht zwar nur die in Deutschland gebaute 5/7 gekuppelte Lokomotive von 1000 PS Leistung, während die in Rußland nach Hackels Plänen gebaute gleich starke 10/12 gekuppelte noch Versuchsfahrten macht. Zwei andere Thermolokomotiven sind noch im Entwurf, so daß die im Sommer bei der Hohenzollern-A.-G., Düsseldorf, gebaute 2 E 1-Diesellokomotive mit Zahnradübertragung schon die Nummer 5 trägt.

Das jetzt in russischer Sprache vorliegende Buch Lomonossoffs[1]) über die Versuche auf dem Eßlinger Prüfstand mit der 5/7 gekuppelten Diesellokomotive ist eine Erweiterung seiner zur Eisenbahntechnischen Tagung im September v. J. erschienenen Schrift „Die Dieselelektrische Lokomotive"[2]). Der geschichtliche Abschnitt ist noch erweitert worden und bringt eine Skizze der obenerwähnten 2 E 1-Lokomotive und eine Zeichnung des Zahnradgetriebes. Vor allem sind aber die nach dem Umbau gewonnenen Versuchsergebnisse beachtenswert. Der erste Umbau nach den Juliversuchen war nötig, weil die Achsbelastung fast 20 t betrug, was hauptsächlich daran lag, daß die Elektromotoren zu schwer ausgefallen waren. Das Verlangen der russischen Eisenbahnverwaltung, den Achsdruck auf höchstens 18 t herabzusetzen, mußte erfüllt werden, obgleich mit Rücksicht auf das Fehlen freier senkrechter Kräfte eine höhere Belastung wohl zulässig gewesen wäre. Lomonossoff untersuchte zwar auch die Wirkungen von Schwingungen der Elektromotoren auf die Aufhängefedern, wodurch bei Resonanz mit den Schienenstößen starke Veränderungen der statischen Belastungen auftreten können, bemerkte aber auch ganz richtig, daß die größte Gefahr für ein schwaches Gleis die Seitenstöße sind. Diese fallen bei der Diesellokomotive aber im Vergleich zur Dampflokomotive wegen der fehlenden Drehbewegung unausgeglichener Massen fast ganz fort.

Zur Gewichtverminderung wurde folgendes geändert[3]). An einem Ende wurde der Kühler entfernt und an seine Stelle ein viel leichterer Brennstoffbehälter gesetzt. Die Erregergruppe, bestehend aus einem Glühkopfmotor und zwei Erregermaschinen, wurde ebenfalls fortgenommen. Dafür trat am andren Ende eine Erregergruppe, die

[1]) Lomonossoff, Die Dieselelektrische Lokomotive. Berlin 1924, VDI-Verlag.

[2]) s. „Eisenbahnwesen", Sonderheft der VDI-Zeitschrift zur Eisenbahntechnischen Tagung. Berlin 1925, VDI-Verlag. Vergl. a. Z. Bd. 68 (1924) S. 940.

[3]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 822 Abb. 5 und 6.

Abb. 1 und 2. Luftrohrkühler.

Ausgleichbehalter
Wasser-rohre
Wasser-eintritt
Wasser-austritt
RZ448Z3+4

Abb. 3 und 4. Wasserrohrkühler.

mit der Hauptwelle durch Zahnräder und Riemen gekuppelt war. Zwei verschiedene, aber leicht auswechselbare Zahnradübersetzungen wurden vorgesehen, weil nämlich der Dieselmotor meist mit 5 bis 5,5 Umläufen in der Sekunde betrieben wird, und der Bereich der kritischen Drehzahl (5,9 bis 6,6) nur überschritten wird, wenn bei außergewöhnlichen Anforderungen die volle Drehzahl von 7,5 Umläufen in der Sekunde erforderlich ist; in diesem Falle muß die kleinere Übersetzung zur Erregergruppe benutzt werden. Die Haupterregermaschine wurde wie früher, damit man mit kleinen Schaltströmen auszukommen vermag, von einer besonderen Hilfsmaschine erregt, deren Magnete selbst wieder von einem kleinen Akkumulator gespeist werden, der gleichzeitig auch den Beleuchtungsstrom hergibt.

Ursprünglich bestanden die Kühler, Abb. 1 und 2, aus Wasserkästen, die von senkrechten Messingrohren durchzogen waren. Sie waren nur unten verlötet, damit sie sich frei ausdehnen konnten. An den Stellen der Kühlwassereinführung staute sich das Wasser gegen die obere Rohrwand, drang zwischen den Rohren durch und wurde von dem aus den Kühlrohren tretenden Luftstrom fortgerissen. Durch einen Verteilstutzen der Wasserleitung hätte sich der Mangel beseitigen lassen. Man konnte sich aber zunächst nur dadurch helfen, daß der Wasserstand im Kühler tiefer gehalten wurde, wodurch 20 vH der Kühlfläche verloren gingen. Die verbleibenden 344 m² genügten zur Ableitung von stündlich 500 000 kcal, wobei Wassertemperaturen bis etwa 70° zugelassen wurden, was für eine Leistung von 700 PS ausreicht. Während der Sommermonate in Turkestan hätten die beiden Kühler aber nicht genügt. Sie waren auch recht schwer wegen des großen Wasservorrates, der aber mit Absicht gewählt war, damit die Lokomotive lange Zeit bei Frost im Freien stehen kann. Natürlich setzt sich Schlamm und Kesselstein auch im Kühler an, aber in leicht entfernbarer Form, so daß es mit Hilfe großer Deckel in den Seitenwänden des Wasserkastens möglich gewesen wäre, den Schlamm abzuspülen.

Die beiden Luftrohrkühler wurden nun durch einen Kühler mit wagerechten Wasserrohren ersetzt, Abb. 3 und 4. Die Berechnung der Wasserrohrkühler war durch die Arbeiten von Thoma und der Firma Brown, Boveri & Cie. sowie durch eigene Versuche ermöglicht. Dieser Kühler ist viel leichter und der Wärmeübergang ist weit besser, etwa entsprechend einer Wärmeübergangszahl von $k = 110$ gegen 54 bei Luftrohren. Die lebhafte Luftwirbelung bringt aber ein sehr störendes Geräusch hervor. Während etwa 3 bis 4 Monaten muß ein besonderer Kühltender mitgeführt werden, dessen Lüfter eigene Antriebmotoren haben. Zum Zwecke der Gewicht- und Raumersparnis war der ursprüngliche Plan, die Lüfter unabhängig anzutreiben, fallen gelassen worden, jetzt wurde er durch den Kühltender z. T. wieder ausgeführt. Der unabhängige Antrieb ist auch stets anzustreben, damit im Gefälle nachgekühlt werden kann.

Der Dieselmotor war nun etwas entlastet, dafür hatte er aber auch die Erregermaschine anzutreiben. Bei den Septemberversuchen ergab sich ein Zuwachs an Zugkraft von rd 20 vH, ohne daß der Brennstoffverbrauch gestiegen wäre. Das erklärt sich einmal aus dem Fortfall des einen Lüfters, hauptsächlich aber durch das bessere Einlaufen des Dieselmotors infolge der Versuche im Juli. Der Gesamtwirkungsgrad vom Brennstoff bis zur Leistung am Radumfang betrug nun 24 bis 29 vH diesseits der kritischen Drehzahl und bis 20 vH bei 7,5 Umläufen in der Sekunde. Die günstige Wirkung des Umbaues zeigt sich besonders bei langsamem Lauf des Motors und großer Fahrgeschwindigkeit (die aber 50 km/h nicht überstieg). Zu beachten ist freilich, daß während eines Vierteljahres der Kühltender mitgeführt werden muß, was den Brennstoffverbrauch erhöht, und die Zugkraft am Haken vermindert. Trotz allem bleibt aber ein Vorteil zugunsten des Umbaues bestehen.

Die obenerwähnte 2 E 1-Diesellokomotive mit Zahnradgetriebe und Magnetkupplungen erhält den gleichen Motor und das gab die Möglichkeit, den Gesamtwirkungsgrad vorauszuberechnen. Wenn man bedenkt, daß der Dieselmotor bei kleinem Arbeitsdruck und großer Drehzahl verhältnismäßig wenig günstig arbeitet, so ist das Ergebnis verständlich: Bei Regelung auf größte Zugkraft ist die Getriebelokomotive um etwa 20 vH überlegen; bei Regelung auf besten Wirkungsgrad kommt sie der dieselelektrischen etwa gleich, während bei abnehmender Leistung und steigender Geschwindigkeit der Wirkungsgrad der Getriebelokomotive stark zurückbleibt. Ein Ölgetriebe mit allmählichem Übergang der Übersetzungen wäre selbst bei mäßigem Wirkungsgrad mit dem dreistufigen Zahngetriebe wettbewerbfähig, sobald die Arbeitsbedingungen stark wechseln. Als überhaupt vorteilhafteste Regelung stellten sich folgende sekundliche Umlaufzahlen und Geschwindigkeiten heraus: 3,5 bei 16, 4,5 bei 24 und 5,5 sekundliche Umläufe bei Geschwindigkeiten über 33 km/h. Bei kleinen Belastungen arbeitet der Dieselmotor unvorteilhaft, bei kleinen Stromstärken die elektrische Ausrüstung. Man sucht also in solchen Fällen den mittleren Druck im Zylinder hochzuhalten und die Spannung gering. Die starke Veränderlichkeit der Drehzahl des MAN-Motors erwies sich demnach als sehr wertvoll. Um die Stromstärke in den Elektromotoren zu steigern, wurden versuchsweise auch einmal zwei von den fünf Motoren abgeschaltet. Es ergab sich dabei eine kleine Steigerung der Zugkraft, aber nur bei ganz geringer Beanspruchung der Lokomotive.

Die Versuche im Oktober wurden mit der umgebauten Diesellokomotive vorgenommen. Diese hatte inzwischen ein sehr helles und luftiges Führerhaus bekommen, dessen innere Holzbekleidung der Feuergefahr wegen mit Wasserglas getränkt war. Ferner wurden die Ausgleichhebel zwischen den Lauf- und Treibachsen geändert, damit mit Rücksicht auf den Zustand der Brücken die Treibachsbelastungen noch mehr vermindert würden. Nach der letzten Wägung kommen auf die Treibachsen

87,5 t bei einem Gesamtdienstgewicht von 118,3 t. Berücksichtigt man die Leistung am Radumfang von 1000 PS und die für mehr als 1000 km reichenden Vorräte, so wird man das Verhältnis von Gewicht zu Leistung nicht schlechter als bei einer Dampflokomotive mit Tender finden. Der Kühltender[1]) war nun fertig und konnte nach Wunsch jederzeit in Betrieb gesetzt werden. Man konnte folgende Versuche machen:

1. Ohne Kühler,
2. mit Kühltender ohne Benutzung seiner Lüfter, also nur unter Ausnutzung seines Wärmeinhalts, und
3. mit Kühltender unter Benutzung der Lüfter.

Jeder der drei Versuche konnte dann noch mit künstlicher Anfeuchtung der Kühlluft durchgeführt werden. Die bei kühlem Wetter, aber im Schuppen vorgenommenen Versuche sind zwar auf den Sommerdienst im Freien nicht ohne weiteres anwendbar, jedoch fiel die Kühlwassertemperatur selbst bei höchster Motorleistung ganz bedeutend, sobald der Kühltender mitwirkte. Die Wärmeübergangszahl wurde zu etwa 130 ermittelt.

In bezug auf Leistung und Brennstoffverbrauch ergaben die Versuche im Oktober keinen Unterschied gegen die im September vorgenommenen.

An diese Versuche schlossen sich dann die Vergleichsversuche mit der Dampflokomotive, die am 4. bis 6. November 1924 vor einem Kreis von Fachleuten aus aller Welt wiederholt wurden und den Beweis brachten, daß die Diesellokomotive für Vollbahnbetrieb jetzt geschaffen ist und daß sie nur ein Drittel des Brennstoffes der besten Dampflokomotive verbraucht. [B 448]

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 322 Abb. 7

Die Verbrennungsrechnung[2]).

Von Dipl.-Ing. A. B. Helbig, Berlin.

Der neue Rechenbegriff eines von Atomen erfüllten Raumes ermöglicht, eine Einheitsform der Analysen für sämtliche Brennstoffe, Gase und Abgase sowie Gleichungen der vier bei der Wärmeerzeugung wirksamen Elemente aufzustellen, woraus allgemein gültige Formeln für Abgasmenge, Luftmenge und Kohlenstoffverlust abgeleitet werden. Der Ausbau der Zerlegung der brennbaren Bestandteile der Brennstoffe vereinfacht die chemischen Vorarbeiten der Verbrennungsrechnung wesentlich.

Die technisch wichtige Oxydation der drei brennbaren Bestandteile von Brennstoffen, des Kohlenstoffes, des Wasserstoffes und des Schwefels, durch den Sauerstoff der Luft, die man Verbrennung nennt, ist ein Austausch von Atomen. Dabei soll hier nur der brennbare, aber nicht der verschlackende oder verschlackte Schwefel berücksichtigt werden. Bei der Umsetzung der Elemente entstehen:

aus 1 Atom Kohlenstoff + 2 Atome Sauerstoff 1 Molekül Kohlensäure,
„ 1 „ „ + 1 Atom Sauerstoff 1 Molekül Kohlenoxyd,
„ 2 Atomen Wasserstoff + 1 Atom Sauerstoff 1 Molekül Wasser,
„ 1 Atom Schwefel + 2 Atome Sauerstoff 1 Molekül schwefl. Säure,

bei der Verbrennung von Gasen z. B.

aus 1 Molekül CO + 1 Atom Sauerstoff 1 Molekül Kohlensäure,
„ 1 „ CH_4 + 4 Atome „ {1 „ „ / 2 „ Wasser.

Die heutige Physik rechnet nur mit dem wirklichen von Molekülen erfüllten Raum, und darin lag die Unmöglichkeit, Verbrennungsgleichungen im vorhandenen Raummaß aufzustellen, da sich die Anzahl der Moleküle vor und nach der Verbrennung ändert. Die Atomzahl des Moleküls Kohlenstoff und des Moleküls Schwefel ist heute noch bestritten; ist die erste x, die zweite y, dann lauten die Verbrennungsgleichungen der vier brennbaren Elemente:

	in Molekülen	in Atomen
$C + O_2 = CO_2$	$\frac{1}{x} + 1 \neq 1$	$1 + 2 = 3$
$C + O = CO$	$\frac{1}{x} + {}^1/_2 \neq 1$	$1 + 1 = 2$
$H_2 + O = H_2O$	$1 + {}^1/_2 \neq 1$	$2 + 1 = 3$
$S + O_2 = SO_2$	$\frac{1}{y} + 1 \neq 1$	$1 + 2 = 3$

Zur allgemeinen Betrachtung der Verbrennungsvorgänge mußte man die Gasraummengen weiter rechnerisch zerlegen; dafür habe ich den Begriff des Raumes aufgestellt, der nur von Atomen erfüllt ist. Die physikalische Größe dieses neuen Rechenbegriffes läßt sich wissenschaftlich einwandfrei aus der Erweiterung des Daltonschen Mischungsgesetzes ableiten, wenn man das einzelne Gas als eine Mischung seiner Atome betrachtet. Dann lautet der erweiterte Daltonsche Satz: Gasmengen verhalten sich so, wie wenn die Atome jedes Elementes den gegebenen Gesamtraum unbehindert von den andern völlig einnehmen würden; z. B. enthalten nach der obigen Erläuterung 5 m³ Propan (C_3H_8) $5 \cdot 3 = 15$ Atom-m³ Kohlenstoff (C) und $5 \cdot 8 = 40$ Atom-m³ Wasserstoff (H).

In ähnlicher Weise läßt sich jedes Gas der verschiedensten Zusammensetzung zerlegen.

Nun ist z. B. $CO_2 = C + O + O$. Das Mol wiegt $44 = 12 + 16 + 16$ kg. Bei 0° und 760 mm Q.-S. wiegt 1 m³ Kohlensäure

$$\frac{44}{22,4} = \frac{12}{22,4} + \frac{16}{22,4} + \frac{16}{22,4},$$

somit wiegt 1 Atom-m³ C $= \frac{12}{22,4} = 0,5357$ kg, und 1 kg C in Atomen nimmt einen Raum von $\frac{22,4}{12} = 1,866$ m³ ein.

In der gleichen Weise kann man ableiten:

1 Atom-m³ H wiegt $\frac{1,008}{22,4} = 0,045$ kg, 1 kg H $= 22,222$ Atom-m³,

1 Atom-m³ S „ $\frac{32}{22,4} = 1,43$ kg, 1 kg S $= 0,7$ Atom-m³.

Nachdem die physikalischen Größen, das Gewicht der Raumeinheit und die Raummenge der Gewichteinheit festgestellt sind, kann man mit der hypothetischen neuen Raumeinheit ohne jede Schwierigkeit arbeiten.

Die Zerlegung bringt ferner noch den großen Fortschritt, daß sämtliche Brennstoffe, Gase und Abgase in einer allgemein gültigen Einheitsform in Raummengen geschrieben werden können. In dieser Einheitsform sind die drei brennbaren Bestandteile C, H und S in Atom-Raummengen, die fünf andern, CO, CO_2, O_2, N_2 und H_2O in molekularen Raummengen aufgeführt; zur Unterscheidung bezeichnet man den Brennstoff, gleichgültig in welcher Einheit er gegeben ist,

in Gewichtmengen mit CO, C_2, H_2, S_2, CO_2, O_2, N_2, H_2O,
in der Einheitsform mit CO″, C″, H″, S″, CO_2″, O″, N_2″, H_2O″,

ferner den Inhalt von 100 m³ Abgas entweder in der gebräuchlichen Form oder in der Einheitsform

CO′, C′, H′, S′, CO_2′, O_2′, N_2′, H_2O′.

Bei 0° und 760 mm Q.-S. nimmt

1 kg Kohlenstoff in Atomen	1,866 m³	
1 „ Wasserstoff „ „	22,222 „	
1 „ Schwefel „ „	0,7 „	
1 „ CO	0,8 „	
1 „ CO_2	0,509 „	
1 „ H_2O (Dampf)	1,24 „	
1 „ O_2	0,7 „	
1 „ N_2	0,8 „	ein.

Die Umrechnung der in der gewohnten Analyse angegebenen Gewichte in Raummengen der Einheitsform ist damit festgelegt.

Die Zerlegung von Gasen ist für Propan oben angedeutet; sie braucht nur für die Teile des Gases vorgenommen zu werden, die einen der drei brennbaren Stoffe enthalten,

[2]) Vergl. a. Helbig „Die rechnerische Erfassung der Verbrennungsvorgänge", Halle a. Saale 1924, Wilhelm Knapp.

wobei man zweckmäßig auf die Zerlegung von Kohlenoxyd und Kohlensäure verzichtet.

Nach allgemeinen Annahmen enthält die Luft in Raumteilen annähernd 21 vH Sauerstoff und 79 vH Stickstoff, also

$$21\ O_2 + 79\ N_2 = 100 \quad \text{Luft} = 1{,}266\ N_2 = 4{,}762\ O_2,$$
$$N_2 = \quad 0{,}79 \quad „ \quad = 3{,}762\ O_2,$$
$$O_2 = \quad 0{,}21 \quad „ \quad = 0{,}266\ N_2.$$

Die praktisch gebrauchte und unbekannt bleibende Sauerstoffmenge sei P, dann sind vor der Verbrennung an Sauerstoff vorhanden:

$$P + 0{,}5\ CO'' + CO_2'' + O_2'' + 0{,}5\ H_2O'' - \left(S'' - \frac{n}{100}\ S'\right).$$

Die schweflige Säure wird bis jetzt bei der Rauchgasanalyse nicht bestimmt, und allgemein wird angenommen, daß der brennbare Schwefel bis auf den im Abgas nachweisbaren zu SO_2 verbrennt. Die unbekannte Raummenge des Abgases enthält

$$\frac{n}{100}\ (0{,}5\ CO' + CO_2' + O_2' + 0{,}5\ H_2O')\ \text{m}^3\ \text{Sauerstoff};$$

damit ist die erste S a u e r s t o f f g l e i c h u n g gegeben mit

$$P + 0{,}5\ CO'' + CO_2'' + O_2'' + 0{,}5\ H_2O'' - S''$$
$$= \frac{n}{100}\ (0{,}5\ CO' + CO_2' + O_2' + 0{,}5\ H_2O' - S').$$

Die W a s s e r s t o f f g l e i c h u n g lautet:

$$H'' + 2\ H_2O'' = \frac{n}{100}\ (H' + 2\ H_2O') \text{ in Atomraummengen.}$$

Da ein Atom-m³ H 0,25 m³ Sauerstoff zur Verbrennung erfordert, ist

$$0{,}25\ H'' + 0{,}5\ H_2O'' = \frac{n}{100}\ (0{,}25\ H' + 0{,}5\ H_2O')\ \text{m}^3\ O_2$$

die der Wasserstoffgleichung entsprechende zweite Sauerstoffgleichung in m³ molekularem Sauerstoff.

Die S t i c k s t o f f g l e i c h u n g lautet:

$$3{,}762\ P + N_2'' = \frac{n}{100}\ N_2'\ \text{m}^3\ \text{Stickstoff};$$

durch Division durch 3,762 erhält man die dritte Sauerstoffgleichung:

$$P + 0{,}266\ N_2'' = 0{,}266\ \frac{n}{100}\ N_2',$$

und aus diesen drei Gleichungen folgt:

$$n = 100 \cdot \frac{0{,}266\ N_2'' + 0{,}25\ H'' + S'' - (0{,}5\ CO'' + CO_2'' + O_2'')}{0{,}266\ N_2' + 0{,}25\ H' + S' - (0{,}5\ CO' + CO_2' + O_2')}\ \text{m}^3\ \text{Abgas} \quad (1),$$

$$m = 1{,}266 \left(\frac{n}{100}\ N_2' - N_2''\right)\ \text{m}^3\ \text{Luft} \quad \ldots \quad (2).$$

Aus der Kohlenstoffgleichung

$$CO'' + C'' + CO_2'' = R + \frac{n}{100}\ (CO' + C' + CO_2)$$

findet man den Verlust durch Rostdurchfall, Ruß und Rauch:

$$R = CO'' + C'' + CO_2'' - \frac{n}{100}\ (CO' + C' + CO_2')\ \text{Atom-m}^3 \quad (3).$$

Ist die Analyse des Brennstoffes in Gewichtsteilen gegeben und werden in der Abgasanalyse nur CO', CO_2' und O_2' bestimmt, wobei gewöhnlich CO_2, CO und CO_2 im Brennstoff nicht vorhanden sind, so ergeben sich

$$n = \frac{21\ N_2 + 555\ H_2 + 70\ (S_2 - O_2)}{0{,}266\ N_2' - (0{,}5\ CO + CO_2' + O_2')}\ \text{m}^3\ \text{Abgas} \quad (1a)$$

$$m = 1{,}266 \left(\frac{n}{100}\ N_2' - 0{,}8\ N_2\right)\ \text{m}^3\ \text{Luft} \quad \ldots \quad (2a),$$

$$R = C_2 - \frac{n}{186{,}6}\ (CO' + CO_2')\ \text{kg Kohlenstoffverlust} \quad (3a).$$

Je nachdem die Analysen des nassen oder trockenen Brennstoffes und der Abgase gegeben sind, liefert die Formel (1) vier verschiedene Abgasmengen, und zwar trockene Abgasmenge des trockenen oder des nassen Brennstoffes und nasse Abgasmenge des trockenen oder des nassen Brennstoffes. Die Abgasmenge ist der Quotient aus der Sauerstoffmenge von 100 Einheiten des Brennstoffes und der Sauerstoffmenge von 100 m³ Abgas.

Die beiden Sauerstoffmengen sind im Aufbau gleich und entsprechen der Summe des Sauerstoffäquivalentes für Stickstoff und des Sauerstoffbedarfes der keinen Kohlenstoff enthaltenden, brennbaren Teile, vermindert um den Sauerstoffgehalt der wasserfreien Bestandteile der betrachteten Menge.

Der Gedanke der Zerlegung trägt aber auch noch weitere Früchte, wovon eine hier noch Erwähnung finden soll. Eine große, ausführliche Literatur behandelt heute das schwierige Gebiet der chemischen Bestimmung der Bestandteile des Brennstoffes, und noch heute enthalten Analysen guter Laboratorien sehr oft einen unbestimmten und unbestimmbaren Rest von schweren Kohlenwasserstoffen. Für die wissenschaftlichen Versuche ist eine solche Analyse unbrauchbar.

Jeder Brennstoff hat zu seinem Aufbau Wärme verbraucht. Diese Bildungswärme *B* und der kalorimetrisch bestimmbare untere Heizwert *W* bilden die ursprünglich im Brennstoff enthaltene untere Gesamtwärme *G*. Diese Wärme enthalten die drei brennbaren Elemente, wenn sie noch molekular unverbunden miteinander gemischt sind. Sind diese Elemente in Gewichtmengen gegeben, so ist

$$G = 8\,080\ C_2 + 28\,700\ H_2 + 2\,220\ S_2.$$

Sind nun Elementaranalyse und Heizwert des Brennstoffes bekannt, so kann man $B = G - W$ sehr einfach berechnen und mit diesem Werte die in der vorliegenden Verbrennung erzeugte Wärmemenge finden, wenn die Verbrennungsprodukte CO', CO_2', H_2O' und SO_2' in *n* m³ des nassen Abgases ermittelt sind:

$$Q = n\ (13{,}10\ CO' + 43{,}30\ CO_2' + 25{,}84\ H_2O' + 31{,}70\ SO_2') - B;$$

denn es werden erzeugt bei der Verbrennung von

Kohlenstoff	zu 1 m³	CO	1310 kcal
„	„ 1 „	CO_2	4330 „
Wasserstoff	„ 1 „	H_2O	2584 „
Schwefel	„ 1 „	SO_2	3170 „

Nach dem Vorstehenden erübrigt es sich, für die Zwecke der Verbrennungsrechnung die einzelnen Bestandteile eines Brennstoffes zu bestimmen, und die jetzt nur notwendige Bestimmung der drei brennbaren Elemente muß die chemische Vorarbeit der Verbrennungsrechnung wesentlich erleichtern. [B 633]

Eine anfressungsfeste Aluminiumlegierung.

Von der Torpedoversuchsanstalt in Eckernförde wurde eine große Reihe verschiedenartiger Aluminiumlegierungen während mehrerer Monate den Angriffen des Seewassers ausgesetzt. Die Versuche haben gezeigt, daß Gußteile aus der Aluminiumlegierung KS-Seewasser[1]) mit glatter Oberfläche bei viermonatiger Einwirkung eines durchschnittlich 10 °C warmen Seewassers bei einem Salzgehalt von 2,24 vH 3 g/m² Oberfläche abgenommen haben. In Verbindung mit Bronze, d. h. unter Hinzutritt galvanischer Anfressung, erreichte der Verlust 40 g/m², in Verbindung mit Stahl jedoch nur 19 g/m². In allen Fällen war die Gewichtabnahme sehr gleichmäßig, über die ganze Oberfläche verteilt, so daß die helle Farbe und die glatte Oberfläche kaum gelitten haben. Versuche nach Mylius, mit normaler Salzsäure ausgeführt, haben einen durch die Reaktion der Metalle mit dem lösenden Agens bedingten Temperaturanstieg ergeben, der ein bedeutend günstigeres Bild zeigt als sämtliche, bis heute bekannten Aluminiumlegierungen, wenn sie der gleichen Behandlung unterworfen sind.

[N 948] St.-R.

[1]) Die Aluminiumlegierung KS-Seewasser wird von der Firma Karl Schmidt G. m. b. H., Neckarsulm, hergestellt.

Flugmotoren auf der neunten Pariser Luftfahrtausstellung[1].

Von Dipl.-Ing. F. Goßlau, Charlottenburg.

Abgesehen von einer 1000 PS-Viermotorengruppe von Bréguet und dem 450 PS-Panhard-Motor geht die Entwicklung auf bekannten Wegen und verfolgt die Weiterbildung des klassischen Viertakt-Ventilmotors mit dem Ziel höchster Betriebsicherheit bei geringem Gewicht und langer Lebensdauer. Bei dem 300 PS-Renault-Motor war ein Rateau-Gebläse angebaut. Farman hat nach dem Krieg auch den Flugmotorenbau aufgenommen.

Was man in Paris an Motoren sah, stand in wohltuendem Gegensatz zu früheren Ausstellungen und war weit entfernt von Effekthascherei und unsicherem Tasten auf vorläufig noch nicht gangbaren Wegen: Zielbewußte, planmäßige und ruhige Weiterentwicklung des klassischen Viertaktventilmotors mit dem Ziel hoher Leistung bei geringem Gewicht, langer Lebensdauer und hoher Wirtschaftlichkeit.

Der Umlaufmotor, einst in Frankreich ziemlich ausschließlich bevorzugt, hält sich nur noch mühsam als schwache Kraftquelle der Schulflugzeuge. Dagegen hat sich der wassergekühlte Reihenmotor, der seine Entwicklung bis zum Kriege fast ausschließlich Deutschland verdankt, endgültig durchgesetzt und beherrschte bis vor kurzem das ganze Gebiet des Flugmotorenbaues. Neuerdings ist ihm im Sternmotor bei Leistungen bis zu rd. 500 PS ein ernstlicher Mitbewerber entstanden, der, obschon längst bekannt, wegen mangelhafter Bauart der Zylinder früher aufgegeben wurde, weil er in Literleistung und Wirtschaftlichkeit hinter dem wassergekühlten Reihenmotor weit zurückblieb. In den letzten Jahren hat man aber durch Forschungen auf dem Gebiete der Luftkühlung und durch weitgehende Verwendung gut Wärme leitender Leichtmetalle die Leistungen und die Betriebsergebnisse der luftgekühlten Zylinder wesentlich verbessert; seitdem hat der luftgekühlte Sternmotor ständig an Boden gewonnen, und es ist in diesem Zusammenhange bedeutungsvoll, daß weitaus die größte Anzahl der am Deutschen Rundflug beteiligten Flugzeuge mit luftgekühlten Sternmotoren ausgerüstet waren, daß immer mehr Firmen den Bau luftgekühlter Sternmotoren aufnehmen, und daß auch, wie die Pariser Ausstellung zeigte, Frankreich diesem Motor, besonders bei Jagdflugzeugen, steigende Beachtung schenkt.

Eine Übersicht der wichtigsten französischen Flugmotoren mit Wasserkühlung liefert Zahlentafel 1. Als besondere Sehenswürdigkeit ist die Viermotorengruppe von Bréguet, Abb. 1 und 2, anzusprechen, eine Weiterentwicklung der älteren Gruppe von zwei nebeneinanderstehenden Achtzylindermotoren, die über ein Getriebe eine gemeinsame Schraubenwelle trieben. Bei dem neu ausge-

Abb. 1 und 2. 1000 PS-Bréguet-Flugmotor. 4 × 8 Zylinder auf 4 Kurbelwellen und eine gemeinsame Schraubenwelle arbeitend. Getriebe zum selbsttätigen Auskuppeln eines versagenden Motors durch Anwendung von Schrägzähnen. 96 Ventile, 64 Zündkerzen.

[1] Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 425 u. f.

Zahlentafel 1. Flugmotoren mit Wasserkühlung auf der neunten Pariser Luftfahrtausstellung.

Aussteller	Nennleistung	Zylinderzahl	Zylinderanordnung	Zyl.-Dmr.	Hub	Verdichtungsverhältnis	Dauerleistung		Höchstleistung		Leergewicht	Einheitsgewicht	Normalverbrauch	
	PS			mm	mm		PS	bei Uml./min	PS	bei Uml./min	kg	kg/PS	l/h	g/PSh
Bréguet	1000	32	4 Senkrechtreihen	108	160	—	—	—	1000	2200	—	—	—	—
Farman	500	12	W	130	160	—	450	1700	520	2200	480	1.07	141	230
	500	12	W	130	160	—	—	—	—	—	525	—	—	—
	600	18	W	130	180	—	600	1450	800	2100	750	1,25	188	230
	600	18	W	130	180	—	—	—	—	—	810	—	—	—
Hispano-Suiza	300	8	90° V	140	150	5,3	300	1800	—	—	270	0,9	109	235
	450	12	W	140	150	5.3	450	1725	497	1800	375	0,834	143	230
	450	12	60° V	140	150	5,3	500	1800	520	1900	420	0,84	159	230
	350	12	60° V	120	140	5,3	350	1750	412	2000	305	0,87	106	224
Lorraine-Dietrich	400	12	60° V	120	170	5,3	400	1500	410	1700	400	1,0	124	230
	450	12	60° W	120	180	5,3	450	1800	—	—	380	0,845	141	230
Panhard & Levassor	500	12	60° V	165	170	6,0	500	1550	—	—	590	1,18	—	—
	450	12	60° V	140	170	5,4	450	1500	525	1800	545	1,21	—	—
Peugeot	600	12	60° V	160	175	—	600	1600	—	—	650	—	—	230
	600	16	50° V	130	180	—	700	2100	—	—	—	—	—	—
Renault	300	12	50° V	125	150	5,0	305	1550	340	1600	380	1,25	103	242
	480	12	60° V	134	180	5,3	480	1600	510	1700	500	1,04	160	240
	600	12	60° V	160	180	5,3	650	1600	—	—	725	1,11	228	260

stellten 1000 PS-Motor ist eine zweite Doppelgruppe am Kurbelgehäuse hängend angeordnet. Alle vier Motoren sind über ein Getriebe mit einer kräftigen Luftschraubenwelle verbunden, und infolge der besonderen Bauart der Übertragung kann einer der Motoren aussetzen, ohne die andern im einwandfreien Arbeiten zu stören. Eine gleiche Getriebeanordnung hatte Bréguet schon einmal bei einem Vorläufer dieser Viermotorengruppe versucht, wobei 2 mal 2 Motoren stehend hintereinander angeordnet waren. Aber die Baulänge dieser Gruppe war zu groß. Obschon die neue Bauart wesentlich kürzer ist und konstruktiv einen reiferen Eindruck macht, ist sie vorläufig nur ein Versuch. Der Raumbedarf ist immer noch beträchtlich. Über die Erfahrungen im Betrieb ist nichts bekannt geworden. Jeder der 32 Zylinder hat drei Ventile und zwei Kerzen, so daß also 96 Ventile und 64 Zündkerzen dauernd einwandfrei arbeiten müssen, wenn die Leistung während eines langen Fluges gleich bleiben soll. Ob das bei den nach unten hängenden 16 Zylindern mit Sicherheit erreicht werden kann, muß man nach den bisherigen Erfahrungen bei ähnlicher Anordnung noch immer bezweifeln. Der Motor ist 2,332 m lang, 1,104 m breit und 1,02 m hoch und soll bei 2200 Uml./min 1000 PS leisten. Das Einheitsgewicht soll etwa 1,09 kg/PS betragen. Die Zündung arbeitet mit Batteriestrom. Die Verteiler sitzen auf den Enden der Nockenwellen. Getriebe und Motorgehäuse bilden einen Block. Beide werden gemeinsam gebohrt und bearbeitet. Trotzdem müssen die Schwierigkeiten eines genauen Zahnradeingriffes immer noch groß sein.

Gleichfalls einen Versuch stellt der V-Motor mit 2 × 6 Zylindern von 450 PS von Panhard & Levassor mit Schiebersteuerung, Abb. 3, dar, bei dem man erstmalig die Rohrschieber-Steuerung von Knight auf einen Flugmotor von höherer Leistung übertragen hat. Die Aufgabe ist schwierig. Bei 140 mm Zyl.-Dmr., einem Verdichtungsverhältnis von 5,4 und einer Drehzahl von 1800 Uml./min dürfte die thermische und mechanische Beherrschung der Schieber nicht einfach sein; aber die Bremsversuche und die Leistungen dieses Motors beim französischen Flugmotoren-Wettbewerb versprechen doch genug, so daß es lohnend scheint, in dieser Richtung weiter zu arbeiten. Vorläufig ist der Motor mit 545 kg Gewicht, entsprechend 1,21 kg/PS, noch reichlich schwer. Äußerlich macht die Maschine einen ruhigen und gefälligen Eindruck, weil insbesondere die obenliegende Steuerung fehlt. Die Stirnfläche und damit der Luftwiderstand wird dadurch beträchtlich vermindert.

Abb. 4. Renault-Motor mit Abgasturbine und Ladegebläse nach Rateau.

Abb. 5. 300 PS-Renault-Motor von 1922.

Ein andrer von Panhard & Levassor ausgestellter Motor, der bereits seit 1922 bekannt ist, hat 12 Zylinder in V-Form mit hängenden Ventilen und darüber liegende Nockenwellen. Diesen überbemessenen und überverdichtenden Motor, dessen Leistung bis etwa 3000 m Höhe gleich bleibt, hat die französische Militärbehörde mit der Begründung abgelehnt, daß die Überbemessung in der Wirkung nicht so günstig wie die Vorverdichtung ist; bei Vorverdichtung sei selbst in beträchtlich größerer Höhe noch immer die volle Motorleistung verfügbar, während über 3000 m die Leistung dieses überbemessenen Motors ebenfalls abzunehmen beginnt.

Es scheint überhaupt, daß der Vorverdichter mit Abgasturbine als Antriebquelle von allen Großstaaten im Interesse der Luftstreitkräfte stark gefördert wird. Ein gewöhnlicher Motor ist sehr empfindlich gegen Änderungen des Luftdruckes. Er verliert mit zunehmender Höhe ständig an Leistung und hat schon in 6 km Höhe weniger als die Hälfte seiner Bodenleistung. Abhilfe schafft man, wenn man die dem Vergaser zugeführte Luft vorverdichtet. Erfolgreiche Versuche wurden mit Gebläsen angestellt, die von den Auspuffgasen des Motors angetrieben werden.

Renault Frères zeigten einen 300 PS-Motor mit Rateau-Gebläse:

Abb. 3. V-Flugmotor mit 2 × 6 Zylindern von 450 PS mit Schiebersteuerung von Panhard & Levassor. Niedrige Bauhöhe, geringer Stirnwiderstand.

Abb. 6. Renault-Motor, 3 × 4 Zylinder in W-Form, 140 mm Zyl.-Dmr., 140 mm Hub. Vor der senkrechten Zylinderreihe der Zahnstangenanlasser.

Abb. 7. 450 PS-Lorraine-Dietrich-Motor mit 3 × 4 paarweise angeordneten Zylindern und gewellten Stahlblech-Kühlwassermänteln.

einer von den Abgasen des Motors angetriebenen Turbine mit gekuppeltem Kompressor. In Abb. 4 ist die Turbine durch das davor liegende Gebläse zum Teil verdeckt, aber man erkennt das dicke Rohr, das der Turbine die heißen Verbrennungsgase zuführt. Eine Drosselklappe ermöglicht, die Abgase durch den vorn rechts sichtbaren Auspuffstutzen ganz oder teilweise unmittelbar ins Freie zu leiten und dadurch die Turbinenleistung zu regeln. Die vom Gebläse angesogene und verdichtete Luft wird in den Rohrleitungen links und rechts unten am Motor durch den vorbeistreichenden Flugwind gekühlt und den Vergasern zugedrückt. Der Motor leistet 300 bis 340 PS in 12 Zylindern von 125 mm Dmr. und 150 mm Hub. Das Verdichtungsverhältnis beträgt 1 : 5 und ist im Hinblick auf die Wasserkühlung auffallend niedrig.

Beim 300 PS - Renault - Motor von 1922, Abb. 5, wird neuerdings ein Fliehkraft-Ölreiniger verwendet, der vom Motor unmittelbar mit rd. 3000 Uml./min getrieben wird und Fremdkörper, wie Ölkoks und Metallstaub, ausscheidet. Ähnliche Versuche haben auch in Amerika gesteigerte Lebensdauer geschmierter Teile ergeben. Der frühere 420 PS-Motor von Renault leistet jetzt 480 PS; zu diesem Zweck hat man Kurbelbetrieb und Steuerung verstärkt, die Verdichtung erhöht und den Motor mit neuen Vergasern, einer dreifachen Ölpumpe und einem Anlasser nach Viet und Schnebelli versehen. Auch zwei Benzinpumpen werden angebaut und unmittelbar angetrieben. Der Motor hat sich bei mehreren amtlichen Prüfungen und bei den Wettbewerben um den Coupe Michelin 1923 und 1924 bewährt.

Am französischen Flugmotoren-Wettbewerb haben zwei Renault-Motoren mit 134 mm Zyl.-Dmr. und 180 und 140 mm Hub teilgenommen, wovon einer mit Getriebe versehen war. Bei diesen Motoren waren die Nockenwellen nicht auf den Zylindern befestigt, was den Zusammenbau der Steuerung erleichtern soll. Die angesogene Luft wird im Gehäuse vorgewärmt. Neuerdings arbeitet der Motor mit ölfreiem Gehäuse. Die Firma Renault erprobt jetzt auch W-förmige Flugmotoren, Abb. 6, mit 3 × 4 Zylindern von 140 mm Dmr. und 140 mm Hub und einen Flugmotor von 132 mm Zyl.-Dmr. und 140 mm Hub mit Getriebe und Rollenlagerung der Kurbelwelle, nach Art des Napier-Lion.

Auch L o r r a i n e - D i e t r i c h schenkt dieser Bauart Aufmerksamkeit, Abb. 7. Diese heute allgemein übliche Anordnung für 12 Zylinder verringert die Baulänge und die Gewichte der Bauteile, wie Kurbelwelle, Gehäuse und Nockenwellen. Z. B. wiegt der Lorraine-Motor von 450 PS bei 1800 Uml./min nur 380 kg oder nur 845 g/PS, was auffallend wenig ist. Bei den tulpenförmigen Ventilen sind die Spindeln unter dem mit Gewinde versehenen Ende geriffelt, was den entsprechend gezahnten Federteller an der Verdrehung hindert. Der Ventilteller sichert die auf dem Ventilschaft aufgeschraubte und zum Einstellen des Spieles dienende gehärtete Kappe. Die Verdichtung beträgt 1 : 5,3. Der Motor hat 120 mm Zyl.-Dmr. und 180 mm Hub und hat ohne Schwierigkeiten die Musterprüfung bestanden.

Der 400 PS-Lorraine-Motor, Abb. 8, mit 12 Zylindern von 120 mm Dmr. und 170 mm Hub ist heute in Frankreich besonders verbreitet. Man spricht ihm Zuverlässigkeit und ruhigen Lauf zu. Im Luftverkehr der Franco-Roumaine und in Aufklärungs- und Jagdflugzeugen hat er sich gut bewährt. Auf der Ausstellung konnte man einen solchen Motor auseinandergenommen sehen, der den Flug Paris–Schanghai ausgeführt hatte. Die Verdichtung beträgt 5,3, die Leistung bei 1700 Uml./min 410 PS, der Brennstoffverbrauch 230 g/PS_eh.

Nach Friedensschluß hat sich auch F a r m a n dem Motorenbau zugewandt. Seine Motoren haben eine ziemlich lange Zeit gebraucht, ehe sie als lufttüchtig bezeichnet und in kleineren Reihen gebaut werden konnten. Sie sind groß und schwer, und eher auf Sicherheit, Billigkeit und gute Zugänglichkeit, als auf geringes Einheitsgewicht gebaut. Die Stirnseite des Kurbelgehäuses ermöglicht auf Wunsch den Anbau eines Kegelräder-Umlaufgetriebes, Abb. 9, mit 1 : 2 Übersetzung. Auf der Schraubenwelle sitzen kreuzförmig angeordnete Bolzen mit vier losen Kegelrädern, die in das links sichtbare, mit Kurbelwellendrehzahl umlaufende Rad eingreifen und sich auf einem ebenso großen, am Getriebegehäuse befestigten Zahnrad abwälzen. Die Werkstattschwierigkeiten sind bei diesem Getriebe nicht sehr groß. Genaues Zentrieren am Motor und die Möglichkeit axialer Verschiebung genügen, um einwandfreien Lauf zu erreichen.

Die Farman-Motoren sind ausschließlich für Großflugzeuge für Verkehr und militärische Aufgaben bestimmt. Ausgestellt waren solche von 500 und von 600 PS, beide mit drei Reihen von Zylindern. Der 500 PS-Motor, Abb. 10, hat 12 Zylinder von 130 mm Dmr. und 160 mm Hub, arbeitet mit 2150 Uml./min und hat im französischen Wettbewerb fast 200 Stunden gelaufen. Auch der 600 PS-Motor, Abb. 11 und 12, mit 18 in drei Reihen unter 40° gestellten Zylindern von 130 mm Dmr. und 180 mm Hub, der mit Getriebe, Benzinpumpe, elektrischer Lichtmaschine und Druckluftanlasser ausgerüstet wird, hat in der Fabrik viele Dauerläufe ausgeführt. Man hofft, die Leistung auf rd. 700 PS zu steigern. Ein Mangel ist die sehr große Baulänge des Motors.

Die Motoren von 180 und 300 PS, welche die H i s p a n o - S u i z a - Gesellschaft in größeren Reihen baut, finden gleichviel Verwendung für militärische und verkehrstechnische Zwecke, nachdem sie in den letzten Jahren wesentlich verbessert worden sind. Gegenüber den Kriegsmotoren, wovon nicht weniger als 50 000 gebaut wurden, war das auch dringend notwendig, um die Schwierigkeiten der Lager zu beseitigen. Seit 1923 befaßt sich die Gesellschaft auch mit Motoren von 400 und 500 PS.

Diese haben ebenfalls die besonderen Kennzeichen der Hispano - Suiza - Motoren, wie unmittelbare Ventil-

Abb. 8. 400 PS-Lorraine-Motor, 2 × 6 Zylinder, 120 mm Zyl.-Dmr., 170 mm Hub.

Abb. 9. Kegelräderumlaufgetriebe mit 1 : 2 Übersetzung der Farman-Flugmotoren.

Abb. 10. Motorenunterbau mit Farman-Motor, auswechselbar, Bauart Henry Potez, 12 Zyl. von 130 mm Dmr. und 160 mm Hub.

betätigung von der darüberliegenden Nockenwelle aus und Blockwassermäntel aus Aluminium. Die Zylinder aus Stahl haben 2 mm Wanddicke und sind in den Kühlwassermantel eingeschraubt. Unten werden sie mit einem runden Flansch und acht Schrauben auf dem Kurbelgehäuse befestigt. Die Kühlwassermäntel sind in einem Stück gegossen und sind innen und außen emailliert. Die Kolben aus Leichtmetall haben am Boden Rippen und schwimmend gelagerte Kolbenbolzen. Die Pleuelstangen von zylindrischem Querschnitt laufen paarweise auf einem Kurbelzapfen. Verwendung von Zug- und Druckpropeller ist möglich. Das Kurbelgehäuse aus Leichtmetall trägt am hinteren Ende die Zubehörteile, darunter die Wasserpumpe.

Der Motor der Type 50, Abb. 13, leistet 450 PS; seine 12 Zylinder sind in drei Reihen unter 60 ° angeordnet. Die Zylindergruppen sind vom 300 PS-Motor übernommen, wovon die Heeresverwaltung noch große Bestände hat.

Die Société Peugeot baut zwei Flugmotorentypen für 600 PS, die sich nur durch das eingebaute Getriebe unterscheiden. Der Motor 12 L hat 12 Zylinder in V-Anordnung von 160 mm Dmr. und 175 mm Hub und wiegt 650 kg bei einem Verbrauch von 230 g/PSh Brennstoff und 20 g/PSh Öl. Die Nennleistung von 600 PS wird bei 1600 Uml./min erzielt. Die Zylinder haben Stahllaufbuchsen, die in Leichtmetall-Kühlwassermäntel in Blockform eingeschraubt werden. Die Kolben sind aus Leichtmetall, die Kurbelwelle läuft in 7 Lagern, wovon die beiden äußeren Rollenlager sind. Die Steuerung wird von der Mitte der Kurbelwelle aus angetrieben und betätigt zwei Einlaß- und zwei Auslaßventile an jedem Zylinder mittels Nockenwelle über den Zylindern und Kipphebel. Zur Ausrüstung gehören zwei Vergaser, die durch das abfließende Kühlwasser erwärmt werden, vier Zündmagnete, zwei Pumpen für die Druckschmierung und zwei Kühlwasserpumpen.

Der Motor 16 L ist besonders für die Marine gebaut und hat 16 Zylinder von 130 mm Dmr. und 180 mm Hub in V-Form unter 50 °. Das Kurbelgehäuse ist sehr starr ausgebildet, und die Ventile sind besonders gut gekühlt. Bei 2100 Uml./min, entsprechend einer Schraubendrehzahl von 1300 Uml./min, leistet der Motor 700 PS. Die Zylinder aus Stahl sind in Kühlwassermäntel aus Leichtmetall eingepreßt und zeigen je zwei Zündkerzen, ein Rückschlagventil für den Anlasser und eine Öffnung zum Einspritzen von Brennstoff. Die Kurbelwelle entspricht zwei aneinandergereihten Vierzylinder-Kurbelwellen. Ein Einlaßventil und zwei Auslaßventile auf jeden Zylinder werden durch eine Nockenwelle und Kipphebel betätigt. Jede Vierzylindergruppe hat ihren geheizten Vergaser. Die Batteriezündung nach Delco hat Verteiler auf den Nockenwellenenden. Das Kurbelgehäuse wird durch Luft mittels großer Kanäle gekühlt.

Der gegenwärtige Stand des Flugmotorenbaues kennzeichnet sich nach dem Bild, das auch die neunte Pariser Luftfahrtausstellung gab, wie folgt:

Abb. 11 und 12. 600 PS-Flugmotor von Farman mit 18 Zylindern, Getriebe, elektr. Anlasser und Lichtmaschine. Reichlich bemessene Gleitlager ergeben die große Baulänge.

Abb. 13. 450 PS-Hispano-Suiza-Flugmotor, Type 50. Zylinderblöcke vom 300 PS-Motor übernommen.

Der Umlaufmotor darf fast als aufgegeben gelten. Auch der wassergekühlte Motor mit einer Reihe von 4, 6 oder 8 Zylindern ist verschwunden. Im unteren Leistungsbereich hat ihn der luftgekühlte Sternmotor verdrängt, im oberen Leistungsbereich ist seine Baulänge zu groß. An seine Stelle ist der Zwölf-Zylindermotor mit zwei Zylinderreihen in V-förmiger Anordnung getreten. Nicht zuletzt die Erfolge der Sternmotoren machten weitere Verkürzung wünschenswert, was zu dreimal vier Zylindern W-förmiger Anordnung führte. Mit dieser Bauart werden sehr niedrige Einheitsgewichte möglich, ohne daß jedoch die der luftgekühlten Sternmotoren erreicht werden konnten.

Thermisch scheint die Entwicklung der wassergekühlten Motoren zum Stillstand gekommen zu sein. Der Brennstoffverbrauch beträgt immer noch etwa 230 g/PS h, was infolge der Fortschritte im Bau luftgekühlter Zylinder von den luftgekühlten Sternmotoren heute mit Sicherheit erreicht wird. Die Leistungen der Motoren schwanken zwischen 300 und — abgesehen von einem Versuch — 600 PS und betragen im Mittel 470 PS. Bis zu 500 PS beherrscht man heute auch im luftgekühlten Sternmotor betriebsicher, und es scheint, daß es in absehbarer Zeit zwischen Luft- und Wasserkühlung zu einem scharfen Wettbewerb kommen wird. [B 29]

Fahrbarer Eisenbahndrehkran mit umlegbarem Ausleger.

Der Drehkran für 20 und 30 t Tragfähigkeit, Abb 1, ist auf einem vierachsigen, vollständig mit Blech gedecktem Wagengestell aufgebaut, bei dem Lager, Federn, Laufradsätze, Zug- und Stoßvorrichtungen normal ausgeführt sind. Beim Heben von Lasten über 5 t wird das Gestell durch 8 Schraubenböcke, die gewöhnlich auf beiden Wagenseiten hängend befestigt sind, Abb. 2, auf besondere Unterlagen aus Eisenkonstruktion gestützt, so daß die Radfedern entlastet werden und der Wagen eine größere Standsicherheit erhält. Vier Schienenzangen sichern das Fahrzeug gegen Kippen bei möglicher Fahrlässigkeit im Ausfahren des Gegengewichtes. Die Puffer sind umlegbar, wodurch das Arbeitsfeld des Kranes beim Ent- oder Beladen des nächststehenden Eisenbahnwagens voll ausgenutzt werden kann.

Abb. 1 Fahrbarer Eisenbahndrehkran für 30 t Tragfähigkeit beim Heben eines Eisenbahnwagens.

Abb. 2. Eisenbahndrehkran für 20 t Tragfähigkeit mit eingelegtem Ausleger und eingefahrenem Gegengewicht.

Der Kran, mit umlegbarem Arm und ausfahrbarem Gegengewicht, ruht auf acht Rollen, mit denen er auf dem Schienenring des Unterwagens um einen Zapfen drehbar ist. Das Hubwerk mit Stirnräderantrieb ergibt mit umschaltbarer Übersetzung drei Hubgeschwindigkeiten. Eine Sperradbremse verhütet den Rücktrieb der Last. Das Gegengewichtfahrwerk mit Stirnradvorgelege in Verbindung mit einer Zahnstange am Gegengewichtwagen gestattet das Verfahren des Gegengewichtes zu der der jeweilig zu hebenden Last entsprechenden Stellung. Das Auslegerwindwerk ist ausgeführt mit Schneckentrieb, Kegelrädern, Stirnradvorgelege und Triebstockverzahnung am Zugstabsegment.

Ein Drehwerk, aus Stirnradvorgelege und wagerechtem Schneckentrieb, bewirkt das Drehen des Kranes, indem das auf die senkrechte Schneckenradwelle gekeilte Zahnritzel mit den im Schienenring eingebauten Triebstockbolzen kämmt. Eine Verschiebewinde gestattet noch das eigene Verfahren des Kranwagens. Der Kranwagen kann bei umgelegtem Ausleger und eingefahrenem Gegengewicht, Abb. 2, in jeden Zug eingestellt werden. Eine Sperrvorrichtung verhindert das selbsttätige Drehen während des Fahrens. Der Kran wird von der Maschinen- und Waggonfabriks-A.-G., Wien-Simmering, gebaut. [M 847] Weicken.

Aufgabenstellung für Fernsprechanlagen mit Wählerbetrieb.

Von F. Lubberger, Berlin.

Grundaufgabe ist: Herstellung von Verbindungen ohne Vermittlungspersonal bei guter Verständigung. Hierzu treten weitere Forderungen für öffentliche und für private Anlagen. Die Grundzüge der Lösungen werden erläutert. Die Entscheidung für oder gegen eine der im Wettbewerb stehenden vielen Wähleranordnungen muß auf wirtschaftliche Rechnungen gegründet werden. Aus der technischen Ausführung und der Wirtschaftlichkeit ergibt sich der Erfolg der Anlage.

Grundaufgaben.

Die technischen Aufgaben für ein Fernsprechamt entwickeln sich aus den Forderungen, die von der Anlage zu erfüllen sind. Von den Teilnehmern führen Leitungen zu einem Amte. Wenn z. B. N_1 mit N_2 sprechen will, Abb. 1, so müssen die Leitungen durch ein bewegliches Leiterstück S miteinander verbunden werden. Entweder fügt eine Beamtin das Leiterstück von Hand zwischen die Leitungen von N_1 und N_2 ein: „Handbetrieb“, oder man stellt im Amte Maschinen auf, die vom anrufenden Teilnehmer elektromagnetisch auf die Anschlußleitung N_2 ferngesteuert werden. Diese Maschinen nennt man „Wähler“. Man spricht von selbsttätiger Telephonie. Dabei ist das Wort „selbsttätig“ oder „automatisch“ nicht streng gerechtfertigt, weil ja die Wähler dem Willen des Anrufers folgen müssen.

Der Teilnehmer sendet zu diesem Zwecke Stromstöße zum Amte, nach Maßgabe der Ziffern der gewünschten Anschlußnummer. Bekanntlich wird das Mikrophon beim Sprechen vom Amt aus mit Strom gespeist. Kurze Unterbrechungen (von je etwa 0,05 s Dauer) dieses Speisestromes werden nun zur Fernsteuerung der Wähler benutzt. Der Teilnehmer erzeugt diese Unterbrechungen, indem er eine Nummernscheibe, Abb. 2, zum Anruf von z. B. Nr. 375 zuerst vom Loch 3, dann vom Loch 7, dann von 5 aus aufzieht und sie jedesmal ablaufen läßt. Abb. 3 zeigt einen zehnteiligen Wähler, rechts den Schrittschaltantrieb, der den Stromstößen der Nummernscheibe folgt, links die beweglichen Bürsten und das Kontaktfeld. Für 10 Teilnehmer sind zehn solcher Wähler aufzustellen. Die Lötösen der Lamellen des Kontaktfeldes werden so durch Drähte verbunden, daß alle Kontakte Nr. 1, alle Kontakte Nr. 2 usw. unter sich verbunden, vielfach geschaltet sind. Eine Teilnehmerleitung endet nun an den Bürsten eines Wählers für abgehende Verbindungen und an dem Vielfach, das die Nummer der Leitung trägt, für zu empfangende (ankommende) Verbindungen. Zum Herstellen einer Verbindung von Leitung 2 zur Leitung 7 verstellen die von der Stelle 2 gesandten Stromstöße den Wähler Nr. 2 auf den Lamellensatz 7, an den das Vielfach 7 angeschlossen ist.

Die Aufgabe, eine Anlage über 10 Teilnehmer hinaus zu vergrößern, wird durch Hintereinanderschalten von Wählern gelöst. Man kann jeden Kontakt eines Wählers zu einem zweiten Wähler führen, und wenn dann der Teilnehmer, um z. B. Nummer 35 anzurufen, die Scheibe zweimal aufzieht, so stellt die erste Reihe, aus drei Stromstößen bestehend, den ersten Wähler ein, die zweite Reihe (5 Stromstöße) den zweiten. Jedoch würde die Wählerzahl ungeheuer groß werden, weil für jeden ersten Wähler 10 zweite notwendig wären.

Die nächste Grundaufgabe für Wählersysteme, die „freie Wahl“, ist daher die Verminderung der Wählerzahl. Die Lösung sei an der Hand einer Tausenderanlage geschildert. Zunächst führen wir einen neuen Wähler ein, Abb. 4 und 5. Dieser besteht aus einer Welle a, die am unteren Ende drei Bürsten, oben eine wagerechte Verzahnung b und eine senkrechte c trägt. In die wagerechte Verzahnung greift ein Hebewerk d, in die senkrechte Verzahnung ein Drehwerk e ein. Außerdem klinkt eine Doppelklinke in beide Verzahnungen ein. Diese Doppelklinke wird durch eine Feder angedrückt und kann durch einen Auslösemagneten f zurückgezogen werden. Die Bürsten können also 10 Schritte gehoben und 10 Schritte gedreht werden. Die Kontaktbank besteht aus drei Sätzen von je 100 in einem offenen Zylinder befestigten Lamellen. In jeder Stellung der Bürsten werden somit drei Lamellen berührt.

Für die tausend Teilnehmer stellen wir tausend solcher Wähler auf und verdrahten die Lamellen so, daß alle Kontakte gleicher Nummer (z. B. 11, 12, 13) untereinander vielfach geschaltet sind. Aus dem Kontaktfeld dieser Wähler treten also in jedem Höhenschritt dreimal 10 Leitungen aus, und diese enden an weiteren 100 Wählern gleicher Bauart, aber anderer Schaltung.

Ein Teilnehmer wolle nun 357 anrufen. Die erste Nummernwahl wirkt auf den Hebemagneten d seines eigenen Wählers. Die Welle steigt in die dritte Dekade. Nun beginnt der Wähler sich zu drehen. Wenn der Anruf der erste nach der Gruppe „300“ ist, so bleibt unser Wähler nach dem ersten Drehschritt stehen. Eine zweite, gleichzeitig verlangte Verbindung nach der Gruppe 300 würde erst nach dem zweiten Drehschritt des Wählers eines andren Teilnehmers zustandekommen usw. Dieses Aussuchen einer freien Leitung aus einer Gruppe von Leitungen nennt man „freie Wahl“. Die zweite Stromstoßreihe 5 wirkt auf den Hebemagneten des zweiten Wählers; er hebt sich in die fünfte Dekade, beginnt sich aber nicht zu drehen. Die dritte Stromstoßreihe „7“ wirkt auf den Drehmagneten des zweiten Wählers, so daß dieser sich auf seinen Kontakt 57 einstellt. Dieser letzte Wähler darf sich nicht von selber zu drehen beginnen; denn wenn 357 besetzt ist, nützt es dem Anrufer nichts, wenn ihm der Wähler nun einen freien Teilnehmer, z. B. 358 oder 359, geben wollte.

Insgesamt haben wir also 1000 erste und 100 zweite Wähler. Bestenfalls können 100 Verbindungen gleichzeitig bestehen. Nun hat es keinen Sinn, von den 1000 ersten Wählern 900 nutzlos stehen zu lassen. Dieser wirtschaftliche Fehler wird durch die „Vorwahl“ vermieden. Jede Teilnehmerleitung erhält am Amtende einen Wähler nach Abb. 3. Wir verbinden die gleichbenannten Lamellen von je 100 Vorwählern zu einem Vielfach. Die zehn Ausgänge aus einer solchen Teilnehmergruppe führen dann zu den obengenannten ersten Wählern. Die Schaltung der zehnteiligen Wähler,

N1 N2 S Amt RZ137Z1

Abb. 1. Aufgabe der Vermittlung.

RZ137Z2

Abb. 2. Fernsprecher mit Nummernscheibe.

Vorwähler genannt, ist so, daß der Wähler beim Abheben des Hörers an der Sprechstelle in weniger als ⅕ s einen freien ersten Wähler anschaltet. Die Nummernwahl folgt vorläufig wie oben beschrieben.

Zur vollständigen Durchführung einer Verbindung gehören noch weitere Schaltvorgänge, die hier nur kurz erwähnt seien: Wenn die gewünschte Stelle besetzt ist, muß der Anrufer ein Besetztzeichen erhalten (das ist stets ein tiefer Summerton). Wenn die gewünschte Stelle frei ist, wird sie angeläutet, und der Anrufer erhält ein Freizeichen (hoher Summerton) im Takte des Läutestromes als Zeichen dafür, daß der Gewünschte angerufen wird. Ein andrer für den Teilnehmer bedeutsamer Vorgang ist die Auslösung. Wenn ein Teilnehmer den Hörer auflegt, so wird seine Leitung sofort für andre Verbindungen frei, indem die eingestellten Wähler in die Ruhelage zurückgehen.

Damit sind die technischen Grundforderungen aller Wähleranordnungen erläutert: Nummernwahl, freie Wahl, Reihenschaltung von Wählerstufen, Vorwahl. Die Vorgänge wurden hier an der Hand eines bestimmten, des sogenannten Strowger-Systemes beschrieben. Dies hat in der ganzen Welt weiteste Verbreitung gefunden und wird in Deutschland für alle öffentlichen und zahlreiche private Ämter verwendet in einer Form, die im wesentlichen von der Firma Siemens & Halske A.-G. entwickelt worden ist.

Es ist aber nicht notwendig, daß die Vorgänge sich gerade, wie beschrieben, abspielen. Die Teilnehmerstelle kann einen Nummernschalter mit mehreren Hebeln haben, für jede Ziffer einen Hebel. Dann schickt der Wähler vom Amt aus Stromstöße zu einem Magneten in der Sprechstelle, der die Hebel der Reihe nach auf null zurückstellt; das ist die sogenannte rückwärtige Stromstoßgabe. Die Vorwahl braucht nicht mit Vorwählern gemacht zu werden. Die Teilnehmerleitungen können an die festen Kontakte von Wählern angelegt und die beweglichen Kontaktarme beim Eintreffen des Anrufes veranlaßt werden, die anrufende Leitung aufzusuchen. Das geschieht bei den sogenannten Anrufsuchern. Die freie Wahl braucht nicht durch schrittweise ausgeführtes Fortschalten des suchenden Wählers bis zum freien Kontakt durchgeführt zu werden, vielmehr kann ein für mehrere Wähler gemeinschaftliches Gerät die Wähler vor die nächste freie Leitung schieben. Es ist nicht notwendig, die Reihenschaltung von Wählerstufen nach dem dekadischen System ($10^n = 1000, 100, 10$) auszuführen, sondern man kann eine andre Grundzahl wählen, z. B. 20 ($20^n = 8000, 400, 20$).

RZ137Z3

Abb. 3. Zehnteiliger Wähler.

RZ137Z5

Abb. 5. Wähler für 100 Anschlüsse.

Zusätzliche Aufgaben.

Bisher wurden nur einfache Verbindungen vom Teilnehmer zum Teilnehmer beschrieben. Für öffentliche Anlagen kommen zu den Aufgaben, die beim Herstellen und Trennen von Verbindungen zu lösen sind, noch viele weitere dazu, insbesondere die Regelung der Tariffragen.

Einzelgesprächzählung. In Deutschland sollen alle zustande gekommenen Gespräche gezählt werden. Zur Lösung dieser Aufgabe verwertet man die Tatsache, daß beim Abheben des Hörers an der gewünschten Stelle der Speisestrom für diese Stelle zu fließen beginnt. Dieser Vorgang wird dazu benutzt, einen Stromstoß zu erzeugen, der über das ganze Verbindungssystem bis zum Zähler des anrufenden Teilnehmers geleitet wird.

Zoneneinteilung des Fernsprechnetzes. In andern Ländern ist der Pauschaltarif üblich, d. h., ohne Einzelgesprächzählung. In neuerer Zeit sollen Verbindungen über wertvolle Leitungen dem Werte dieser Leitungen entsprechend bezahlt werden. Diese Aufgaben löst man, indem man einer Verbindung nach z. B. der dritten Zone den dreifachen Wert einer Ortverbindung beilegt und dementsprechend dafür sorgt, daß in der Verbindungsleitung drei Zählstöße erzeugt werden.

Ferner wird auch verlangt, daß die Gesprächdauer bezahlt werde. Denn ein Gespräch von 30 min beansprucht die Anlage mehr als ein Gespräch von 2 min. Diese Aufgabe wird durch die Wiederholung der Zählung nach jeder Einheit, z. B. nach je 3 min, gelöst. In andern Ländern sind die Teilnehmer in Tarifklassen eingeteilt (2000, 5000, 15 000 Gespräche im Jahr). Ob diese Gesprächzahlen nicht überschritten werden, ist nachzuprüfen, das kann z. B. mit elektrolytischen Zählern geschehen.

Eine der wichtigsten Aufgaben für den Wählerbetrieb ist die Anpassung der Leistung an die Belastung. Unter Belastung versteht man die Anforderung von Gesprächen, wobei außer ihrer Zahl auch ihre Dauer von Einfluß ist, und die Leistung

a
b
c
d
e
f
RZ137Z4

Abb. 4. Schema eines Wählers für mehr als zehn Anschlüsse.

a Welle
b wagerechte Verzahnung
c senkrechte Verzahnung
d Hebewerk
e Drehwerk
f Auslösemagnet.

wird durch die Anzahl zustande gekommener Gespräche dargestellt. Ist die Zahl der Wähler zu klein, so kommen Anforderungen allzu oft nicht bis zum Anruf durch, weil alle Wähler durch andre Teilnehmer mit Beschlag belegt sind. Die Verkehrsgüte, d. h., die Abwicklung der Anforderung, befriedigt, wenn nur ein sehr kleiner Teil der verlangten Anrufe, z. B. 1 bis 2 vH, wegen Mangel an Verbindungswegen verloren geht.

Nun beträgt die Lebensdauer eines Wählers 25 bis 30 Jahre. Beim Einbau ist er irgendeiner Gruppe zugeteilt worden, die damals einen bestimmten Verkehr zu bewältigen hatte. Selbstverständlich ändert sich die Belastung der Gruppe in so vielen Jahren. Daher muß die Zusammenstellung der Wähler in Gruppen leicht veränderbar sein. Umgruppierungen werden grundsätzlich durch Verändern der Ausdehnung der Vielfachschaltungen durchgeführt. Wenn 50 Wähler auf 10 Ausgänge angewiesen sind, können sie naturgemäß nur sehr viel weniger Verkehr bewältigen, als wenn 20 Wähler 10 Ausgänge gemeinsam haben. Solche Umgruppierungen sind um so leichter auszuführen, je einfacher die einzelnen Bausteine sind. Die Grundeinheit der Gruppeneinteilung soll daher nur mäßig groß sein. Man darf also nicht allzuviele Wähler unveränderlich in einen Rahmen oder ein Gestell zusammenfassen.

Sehr oft werden Wählerämter in Anlagen eingebaut, in denen Handämter noch viele Jahre weiterarbeiten. Man muß daher einen reibungslosen, einfachen Verkehr von und zu den Handämtern vorsehen.

Größere Geschäfte haben meist mehrere Leitungen unter einer Nummer. Die Wähler müssen von diesen Leitungen eine freie aussuchen; sind alle besetzt, so muß der Anrufer das Besetztzeichen bekommen.

Zum Ortverkehr tritt noch der Fernverkehr. Er wird in den verschiedenen Ländern sehr verschieden behandelt. In den Vereinigten Staaten ist das Besetztzeichen heilig; solange der Teilnehmer spricht, darf keine weitere Verbindung aufgeschaltet werden. In Deutschland wird ein Ortgespräch zugunsten eines Ferngespräches zwangweise getrennt. In England bietet das Fernamt dem Teilnehmer das Ferngespräch an. Er kann es ablehnen. In Deutschland wird die gewünschte Leitung „vorbereitet", d. h. das Fernamt stellt Verbindung zum Teilnehmer kurze Zeit vor dem Umschalten der Fernleitung auf die Ortleitung her. Das geschieht in den Vereinigten Staaten nicht. Die Folge ist, daß in den Vereinigten Staaten die Gespräche sehr häufig nicht zustande kommen, wenn die Fernleitung frei ist, der Teilnehmer am Ort aber nicht. Die Fernleitungen werden in Amerika deshalb nur mit 25 bis 30 min Sprechzeit in der Stunde ausgenutzt, in Deutschland mit bis zu 50 min. Daher sind die Ferngebühren in Amerika viel höher als bei uns. Die Forderungen der Vorbereitung, des Eintretens in bestehende Gespräche und der zwangweise erfolgenden Trennung müssen selbstverständlich durch die Wählerschaltungen erfüllt werden.

Es kann vorkommen, daß ein Teilnehmer einen andern irgendwie belästigt. Im Handbetrieb kann der belästigte Teilnehmer durch Hörerwippen die Aufmerksamkeit der Beamtin erregen und mit ihrer Hilfe die anrufende Leitung feststellen lassen. Im Wählerbetrieb kann man durch besondere Einrichtungen die Auslösung der Verbindung verhindern, so daß der belästigende Teilnehmer festgestellt werden kann.

In Privatanlagen sind aus Tarifgründen die meisten Anschlüsse auf Verbindungen im Hause beschränkt, nur die sogenannten Nebenstellen sind auch zu Verbindungen mit dem öffentlichen Amt berechtigt. Bei Wählerbetrieb in der Privatanlage sollen alle Teilnehmer die gleichen Wähler benutzen, damit die Wählerzahl klein wird. Daraus ergibt sich die Aufgabe, daß die Wähler berechtigte und nichtberechtigte anrufende Leitungen unterscheiden können und müssen. Eine Lösung liegt darin, daß ein Unterscheidungsmerkmal an einem Apparat angefügt wird, der der anrufenden Leitung allein zugehört.

Wenn von einer Nebenstellenanlage mehrere Leitungen zum öffentlichen Amte laufen, so soll eine Nebenstelle ohne Zutun einer vermittelnden Beamtin — also selbsttätig — mit einer freien Amtleitung verbunden werden. Das geschieht durch Zwischenfügen von Freiwählern zwischen Amt- und Nebenstellenleitung. Wenn eine Verbindung vom Amt zu einer Nebenstelle ankommt, so muß sie zunächst von einer Vermittlungsstelle abgefragt werden, weil die Anrufer meistens nicht wissen, von wem sie die gewünschte Auskunft erhalten können. Diese Auskunfterteilung soll aber auch die einzige Belastung der Vermittlungsstelle sein, sie soll nur allergeringste Zeit zum Herstellen der Verbindung brauchen und mit der Trennung gar nichts zu tun haben. Der Grundgedanke der Lösung ist, daß man jeder Nebenstellenleitung einen Schalter an der Vermittlungsstelle zuordnet, dessen Umlegen ebenso wirkt, als ob die Nebenstelle selbst angerufen hätte. Dabei stellt der obengenannte Freiwähler die Verbindung her.

In Fabrikanlagen wird häufig die Anschaltung eines Fabrikrufes gefordert, d. h. durch das Anrufen einer bestimmten Nummer soll eine Weckeranlage in den verschiedenen Betriebsräumen durch unterschiedliche Zeichen z. B. den Obermeister oder den Werkstattvorstand heranrufen. Diese Möglichkeit muß aber bestimmten bevorzugten Stellen vorbehalten sein.

Für kleine Hausanlagen mit öffentlichem Verkehr (bis zu 5 oder 6 Anschlüssen) ist es wirtschaftlich unzweckmäßig, für die Mikrophonspeisung besondere Stromquellen beim Teilnehmer aufzustellen. Es wird gefordert, daß gleichzeitig ein Gespräch zwischen zwei Sprechstellen des Hauses und ein andres Gespräch über das Amt stattfinden könne, daß aber die Speiseströme für alle Gespräche vom Amte geliefert werden. Die Lösung dieser Aufgabe sieht die Speisung des einen Gespräches über die eine Ader, des andern Gespräches über die andre Ader vor und die Trennung der beiden Sprechströme durch Drosselspulen.

Im Handbetrieb machen sich Störungen von Apparaten und Leitungen den Beamtinnen unmittelbar bemerkbar. Im Wählerbetrieb müssen sich Störungen durch Signale dem Amtpersonal selbsttätig anzeigen. Man kann keinen allgemeinen Gedanken angeben, nach dem sich die Aufgabe der Störungsanzeige lösen ließe, weil die Art der Störungen wechselt. Es sei nur erwähnt, daß in sorgfältig betriebenen Wähleranlagen beginnende Veränderungen im Arbeiten der Wähler entdeckt werden, bevor sie zu Störungen führen.

Die vielen aufgezählten Forderungen erschöpfen noch bei weitem nicht alle Ansprüche an Wähleranordnungen. Weitere Beispiele aber würden nur ermüden. Häufig kommt es vor, daß eine Verwaltung auf die eine Gruppe von Forderungen (z. B. Bequemlichkeit für das Publikum) mehr Wert legt als eine andre Verwaltung, die z. B. ganz besonderen Wert auf streng richtige Gesprächzählung legt, während die erste Verwaltung überhaupt nicht zählt. Daher ist die große Zahl von verschiedenen Systemen nicht erstaunlich. Auch sieht man wohl ein, daß ein System nicht mit einem kurzen Satz erklärend bezeichnet werden kann.

Die wirtschaftlichen Aufgaben.

Die große Frage ist nun, wie soll sich eine Verwaltung oder eine Persönlichkeit, der die Entscheidung über die Wahl eines Systemes zusteht, zurechtfinden. Die Antwort ist einfach: genau so wie bei andern technisch-wirtschaftlichen Entscheidungen. Es ist genau so, wie wenn ein Maschinenfabrikant neue Werkzeugmaschinen anschaffen will: er hat eine Auswahl aus den verschiedenen Fabrikaten und den verschiedenen Preisen zu treffen. Wir betrachten ein Fernsprechamt als eine Fabrik für die Herstellung von Verbindungen. Die Fabrikationseinheit ist eine Verbindung. Und es kommt auf die Selbstkosten dieser Wareneinheit an.

Bei dieser Betrachtungsweise erkennt man sofort den groben Fehler, den ein Käufer macht, wenn er nur auf den Preis sieht. Jeder Maschinenfabrikant wird gern eine teurere Werkzeugmaschine kaufen, wenn ihm diese die Verminderung der Selbstkosten ermöglicht. Die Fernsprechtechnik verlangt keineswegs ein andres technisch-wirtschaftliches Denken als irgendeine andre Technik. Ein Maschinenfabrikant weiß ganz genau, wie sich die Selbstkosten in seinem Betriebe zusammensetzen. Die nachfolgenden Ausführungen sind also keine neue wirtschaftliche Lehre, sondern lediglich eine Plauderei über die Größenordnung der einzelnen Posten, die jedem Leiter eines technischen Unternehmens als Teile seiner Selbstkosten längst bekannt sind.

Wir betrachten ein Fernsprechamt als die Zusammenfassung einer Anzahl von Werkzeugmaschinen. Beim Handbetrieb sind zur Bedienung dieser Maschinen sehr viele Arbeiterinnen (d. h. Beamtinnen) nötig. Beim Wählerbetrieb muß der Teilnehmer selbst die Zeit zur Herstellung einer Verbindung aufwenden. Wer trägt nun die Kosten für diesen Zeitaufwand? In öffentlichen Anlagen wird diese Arbeitzeit vom Unternehmer des Fernsprechbetriebes, z. B. einer Postbehörde, nicht bezahlt. In Privatbetrieben liegt die Sache anders. Der Unternehmer bezahlt die Zeit seiner Angestellten, also mittelbar auch die Zeit für das Herstellen von Verbindungen. Scheinbar bietet der Wählerbetrieb in dieser Richtung keinen Vorteil über den Handbetrieb. Die Rechnung stimmt aber nicht; denn die Zeit zur Herstellung einer Verbindung im Wählerbetrieb ist wesentlich kürzer als bei Handbetrieb. Außerdem, wenn ein Teilnehmer bei Handbetrieb den Hörer abhebt und auf das Abfragen der Beamtin und die Durchstöpselung wartet, so wird er in dieser Wartezeit selten andre Arbeiten erledigen. Beim Handbetrieb werden also längere Wartezeiten in Form von Gehältern und Löhnen bezahlt als beim Wählerbetrieb. Dazu kommt für Wählerbetrieb die große Bequemlichkeit und Schnelligkeit des Verkehrs. Der Teilnehmer wird bei schneller und bequemer Bedienung lieber anrufen als zur gewünschten Stelle hingehen. Bei Wählerbetrieb wird daher viel weniger spazieren gegangen, und so werden sehr viele Arbeitsminuten erspart.

Betriebkosten.

Die Bezahlung der Beamtinnen ist beim Handbetrieb weitaus der größte Summand der Betriebkosten; er fällt bei Wählerbetrieb fort. In Maschinenfabriken spielen die Kosten für Rohstoffe eine große Rolle. Fernsprechämter haben keine Rohstoffe, weil sie ja nur „Dienst", keinen Stoff verkaufen. Ersatzkosten spielen z. B. beim Bahnbetrieb eine große Rolle. Im Handbetrieb müssen die Schnüre oft ausgewechselt werden, und manchmal wird eine Lampenkappe zerschlagen. Auch im Wählerbetrieb muß dann und wann ein Teil ersetzt werden. Die Ersatzkosten sind in allen Fällen unbedeutend.

Die Kraftquelle — Kohlen — ist bei Elektrizitätswerken der Hauptposten. Fernsprechanlagen müssen auch eine Kraftanlage haben. Mit 10 vH der gesamten Betriebkosten hat man diesen Aufwand reichlich gedeckt.

Die Einrichtungen des Fernsprechamtes müssen gepflegt werden. Bei diesem Punkte steigen dem Beurteiler häufig die schwersten Bedenken auf. Wenn jemand die Vielzahl von Forderungen durchgelesen hat, so stellt er sich ein Wähleramt als ein so verwickeltes Gebilde vor, daß er fürchtet, niemand könne eine solche Anlage jemals in Ordnung halten. Leichte Pflegbarkeit, Zugänglichkeit zu allen zu pflegenden Teilen, Leichtigkeit der Auswechslung und Billigkeit der sich abnutzenden Teile, genaue Vorschriften für die vorbeugende Pflege, Zerlegung der Pflegearbeiten in Handhabungen für anzulernendes Personal — und zwar hauptsächlich Frauen —, Zuteilung der schwierigen Arbeiten an einen gelernten Handwerker, alles das sind Forderungen, die in einem gut gebauten Wähleramt verwirklicht sind. So kommt es, daß die Pflegekosten für Wählerämter nur etwa 25 vH der Betriebkosten ausmachen.

Wo stecken nun die Hauptkosten beim Wählerbetrieb? Es sind Zinsen und Abschreibungen. Über Abschreibungen sind sich nun viele Menschen noch nicht ganz klar. Man weiß: die Abschreibungen sind buchmäßige Deckungen für die natürliche Entwertung der Anlage. Von diesem sehr allgemeinen Satze kommt man zu handgreiflichen Tatsachen mit Hilfe der vier Begriffe: Abnutzung, Veralten, Unzulänglichwerden und Unglücksfälle. Das sind die wesentlichsten wertmindernden Einflüsse. Untersuchungen, wie diese vier Einflüsse bei Handbetrieb und bei Wählerbetrieb wirken, sind durch die Fachliteratur bekannt geworden. Deren Besprechung würde hier zu weit führen. Oftmals müssen gesunde Apparate außer Betrieb genommen werden, wenn wirtschaftlicher arbeitende die Selbstkosten zu vermindern ermöglichen. Das Unzulänglichwerden ist im Fernsprechwesen eine sehr zu beachtende Erscheinung; denn der Fernsprechverkehr entwickelt sich sehr oft äußerst sprunghaft, und die Kabel- und Amtanlage muß leicht folgen können.

Die entwertenden Einflüsse werden durch eine einzige Zahl ausgedrückt: die wirtschaftliche Lebensdauer. Für ein Handamt kann sie bei sehr vorsichtiger Pflege und äußerster Ausnutzung mit 15 bis 20 Jahren angenommen werden. Die wirtschaftliche Lebensdauer für Wählerämter ist noch nicht endgültig feststellbar. Die ältesten Ämter waren Ende 1924 22 Jahre alt und noch lange nicht reif für den Abbruch. Man geht nicht fehl, wenn man für Wählerämter 25 bis 30 Jahre als wirtschaftliche Lebensdauer annimmt.

Es hat keinen Zweck, hier den Nachweis zu versuchen, daß die Summe der jährlichen Kosten für Wählerämter niedriger ist als für Handämter. Für den Großbetrieb ist diese Frage in der ganzen Welt zugunsten des Wählerbetriebes entschieden. Denn alle Verwaltungen in allen Kulturstaaten gehen zum Wählerbetrieb über. Für kleine Anlagen mit vielen besonderen Bedingungen muß der Nachweis im einzelnen erbracht werden. Schon weiter oben ist auf eine wesentliche Zeitersparnis bei Wählerbetrieb hingedeutet worden, die in der wirtschaftlichen Rechnung nicht erscheint. Wollte man den über Wählerämter abgewickelten Verkehr durch Handbetrieb bewältigen, so würden die Kosten für die Beamtinnen dem Besitzer der Anlage großen Schrecken einjagen. Man darf also die Bequemlichkeit und die Schnelligkeit des Verkehrs nicht aus den Augen verlieren, auch wenn sie bei wirtschaftlichen Besprechungen nicht erfaßbar sind. [B 137]

Das Schweißen von Gußrohrleitungen mit Bronze[1]).

Die im Gegensatz zu den Stahlrohren bei Gußrohren nicht mögliche autogene Schweißung räumte diesen bisher nicht den Platz ein, der ihnen wegen ihrer sonstigen Eigenschaften eigentlich hätte zukommen müssen. Das hat sich jetzt in gewisser Hinsicht geändert, nachdem man in Nordamerika, wo Gußrohre weit mehr verwendet werden, die glatten Gußrohrstöße durch Bronzeschweißung verbindet. Hierbei zeigt die Bronze, die bei den Amerikanern aus 59 bis 63 vH Kupfer, 36 bis 40 vH Zink und 0,5 bis 1,5 vH Zinn besteht, die dreifache Zugfestigkeit des Gußeisens der sandgegossenen Rohre, so daß der Schweißring nur ein Drittel so dick zu sein braucht wie die Rohrwanddicke.

Für das Bronzeschweißen, das bei einer Temperatur von 790 bis 900 °C vorgenommen wird, benutzt man den gleichen Schweißbrenner wie beim autogenen Schweißen. Das Verfahren fordert, wie bei jeder guten Schweißarbeit, reine, rostfreie Eisenflächen an der Schweißstelle, die durch Anfeilen hergestellt werden. Die Schweißflamme muß neutral sein, da durch Sauerstoffüberschuß der Zinkanteil der Bronze oxydiert und die Schweißstelle geschwächt würde. Um ein „Verbrennen" der aufgebrachten Bronze zu verhüten, müssen die Vorschriften der Hersteller der Schweißbrenner bezüglich Brennergröße genau beachtet werden, die in Abhängigkeit von der Rohrwanddicke stehen. Weitgehende Versuche ergaben, daß der Stumpfstoß ungefähr doppelt so widerstandfähig ist wie die Schweißung mit abgeschrägtem Rohrende.

Für die Abmessungen der Bronzeringe, die auch vom Deutschen Gußrohrverbande empfohlen werden, können als Mindestmaße gelten: Breite: 1.5 der Wanddicke des Gußrohres als Mindestmaß; Dicke: 0.6 der Rohrwanddicke. Biege- und Bruchproben, die mit durch Bronzeschweißung zusammengeschweißten Rohrlängen vorgenommen wurden, zeigten, daß der Bruch niemals im Schweißwulst, also im Rohrstoß, sondern unmittelbar neben dem Bronzering im gesunden Eisen erfolgt. Ähnlich günstig verliefen Anfressungsversuche. Der Angriff salziger Bodenfeuchtigkeit läßt sich durch Teeren des Bronzeringes verhüten. Die Schweißkosten einschließlich Azetylen, Sauerstoff, Bronze, Flußmittel, Lohn usw. stellen sich bei 150 mm l. W. bei Werkstattausführung auf 2 ℳ; die Bronzeschweißung erfordert also bedeutend weniger Kosten als die Muffendichtung. Die Anwendungsmöglichkeiten der Bronzeschweißung liegen sowohl auf dem Gebiete der Wasserleitungen, der Niederdruck-Gasleitungen, wie auch unter gewissen Bedingungen der Gasfernleitungen. Bodenbewegungen durch Temperaturänderungen lassen sich ausgleichen durch Einbauen von langen Muffenrohren oder Überschiebern in Abständen von etwa 50 m. [N 727] Prockat.

[1]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 68 (1925) S. 349.

RUNDSCHAU.

Aus dem Ausland.

Eisenbahnwesen.

Hochdrucklokomotive der Delaware- und Hudson-Bahn.

Die Delaware- und Hudson-Bahn hat nach den Plänen ihres beratenden Ingenieurs J. E. Mühlfeld bei der American Locomotive Co. eine 1 D-Güterzuglokomotive mit Triebtender bauen lassen, die mit 25 at Kesseldruck den Übergang zu den eigentlichen Hochdrucklokomotiven bildet und bereits viele bemerkenswerte Abweichungen von der Regelbauart aufweist. Sie ist in Abb. 1 bis 4 dargestellt und hat folgende Hauptkennzahlen:

Zylinder-Dmr.	597/1040	mm
Raumverhältnis	1 : 3,04	
Kolbenhub	762	mm
Treibrad-Dmr.	1448	„
Laufrad- „	914	„
Dampfdruck	24,6	at
Rostfläche	6,63	m²
Verdampfungsheizfläche	297,3	„
Überhitzerfläche	53,8	„
Gesamtheizfläche	351,1	„
Gewicht auf den Treibrädern	135.5	t
Dienstgewicht	157,9	„
Zugkraft bei einstufiger Dehnung	38 200	kg
„ „ zweistufiger „	31 900	„
Wasservorrat des Triebtenders	40,9	t
Kohlenvorrat „ „	15,0	„
Dienstgewicht „ „	89,6	„
Zugkraft „ „	8940	„

Der Kessel ähnelt der ursprünglichen Brotanbauart, jedoch sind zwei Oberkessel angewandt. Die Bauart mit Oberkessel an Stelle der mit angesetztem Vorkopf ist nur bei Barrenrahmen möglich. Hier muß ja der Kessel den Rahmen versteifen und beträchtliche senkrechte wie wagerechte Biegemomente aufnehmen; dazu ist aber der Vorkopf wegen seiner schwachen Verbindung mit dem Langkessel nicht imstande. Die Oberkessel haben 762 mm Durchmesser und sind mit Wulsten an den Langkessel angeschlossen. Das Grundrohr (an Stelle des Bodenringes) des Brotankessels ist verlassen und seitlich durch zwei lange Trommeln von 508 mm Durchmesser ersetzt, während Vorder- und Rückwand der Feuerbüchse durch ebene Wasserkammern gebildet sind, die durch Stehbolzen versteift werden. Sie sind hier unschädlich, weil größere gegenseitige Verschiebungen der Kammerwände nicht zu befürchten sind.

Eine wesentliche Abweichung von der Brotanschen Bauart zeigen noch die Seitenwände; denn während Brotan sie aus einer Reihe von Rohren mit 95 mm l. W. bildet, sind hier 102 Rohre von 63,5 mm l. W. zum äußeren dichten Abschluß verwendet, während 204 Rohre von 51 mm l. W. in weitem Abstand stehen und als Feuerbüchsheizfläche betrachtet werden. Um nun die Heizgase zum Durchströmen dieser Rohrreihe zu zwingen, deckt das wie gewöhnlich auf Wasserrohren ruhende Feuergewölbe den ganzen Feuerraum ab, teilt ihn also in zwei Teile. Die Heizgase müssen also um das Gewölbe herum durch das seitliche Rohrbündel in den oberen vorderen Teil der Feuerbüchse strömen. Von der so geschaffenen Feuerbüchsheizfläche von mehr als 100 m², die 37 vH der ganzen Heizfläche ausmacht, verspricht man sich große Dinge. Jedoch ist zu bedenken, daß der große Wert der Feuerbüchsheizfläche ja nur in der Wirkung der Strahlung begründet ist. Da aber nur ein geringer Teil dieser Rohre vom Rost bestrahlt ist, so wird auch die Wirkung gering sein. Immerhin ist eine starke Erniedrigung der Rohrwandtemperatur zu erwarten. Anderseits läßt die starke Verdampfung in den Rohren wesentliche Kesselsteinablagerung befürchten, zumal von einer Speisewasserreinigung nichts zu bemerken ist.

Ein andres Bedenken betrifft den kleinen Rohrdurchmesser, der dem Wasserumlauf nicht günstig ist. Selbst bei den weiten Brotanrohren kamen an besonders stark beheizten Stellen Ausbeulungen vor, die nur durch die Erscheinung des Leidenfrostschen Tropfens erklärt werden konnten. Um wieviel stärker muß hier diese Wirkung sein!

Der Langkessel ist wie bei Brotan ganz mit Siede- und Rauchrohren angefüllt; vier Stutzen führen den dort gebildeten Dampf in die Oberkessel. Aus ihnen wird er mittels der bewährten, oben

Schnitt A-B Schnitt C-D Schnitt E-F

Abb. 1 bis **4.** 1 D-Güterzuglokomotive für 25 at Kesseldruck für die Delaware- und Hudson-Bahn.

mit vielen kleinen Löchern durchbohrten Dampfsammelrohre entnommen und einem Fliehkraftdampftrockner zugeführt. Dieser Trockner erscheint ziemlich zwecklos, denn wenn die Aufgabe, das Wasser auszuschleudern, auch schon lange gelöst ist, so gelingt es doch nicht, dieses Wasser wieder mit dem Kesselwasser zu vereinigen, weil im Kessel der Druck um so viel niedriger ist, wie den Strömungswiderständen entspricht. Die Wirkung der gelochten Rohre ist aber so gut, daß eine Dampffeuchtigkeit von nur 2 bis 3 vH gemessen wurde. Dies ist beachtenswert, weil der Brotankessel oft recht nassen Dampf lieferte.

Damit das Schleudern beim Anfahren möglichst vermieden wird, sind zwei Regler vorgesehen, von denen der eine durch ein Druckminderventil Dampf von höchstens 21,1 at erhält. Der Hebel dieses Anfahrreglers ist so mit dem Hebel des Hauptreglers gekuppelt, daß er sich gleichzeitig mit ihm bewegt, aber freigegeben wird, wenn man den Hauptregler schließt. Der Überhitzer wurde klein bemessen, damit die Dampftemperatur nur 315 bis 327 °C betrage, während die Sattdampftemperatur bei 25 at schon 224 ° erreicht. Die Hilfseinrichtungen werden mit Dampf gespeist, der einen besonderen, an der Feuerbüchse gelegenen Überhitzer durchströmt.

Den hohen Dampfdruck glaubte man nur in einer Verbundmaschine vorteilhaft verarbeiten zu können; das scheint mir aber ein grundsätzlicher Fehler zu sein. Hier wären zwei Gleichstromzylinder das richtige gewesen. Die letzte Ausführung einer Gleichstromlokomotive für Rußland mit Kolbenschiebern und Saugauspuff erlaubte schon bei 12 at, die schädlichen Räume auf 12 vH herabzusetzen. Bei 25 at könnte er gar nicht klein genug ausgeführt werden, oder mit andern Worten, die Verdichtung würde nie zu hoch werden. Die hohe Verdichtung war es aber, die bei großen Füllungen den Dampfverbrauch so erhöhte, daß der bei kleinen Füllungen erreichte Gewinn wieder ausgeglichen war. Aus Prof. Lomonossoffs Lokomotivversuchen gehen diese Verhältnisse klar hervor.

Die Nachteile der zweizylindrigen Verbundmaschine sind zu bekannt, um sie hier zu wiederholen, aber auch die Folgen waren in baulicher Beziehung sehr traurig. Die Anfahrvorrichtung von Mellin mit Frisch- und Hilfsdampfleitung und der ganze Verbinder liegt frei, dem kühlenden Fahrwind ausgesetzt. Ferner konnte der Barrenrahmen wegen der großen Niederdruckzylinder nicht durchgeführt werden; er hört vor den Zylindern auf und ist durch ein großes Stahlgußstück verlängert, der als Zylinderversteifung, Bisselachslagerung und Pufferträger dient. Der Rauchkammersattel ist besonders angeschraubt. Die Steuerung nach Young bedarf, weil die andere Maschinenseite mit herangezogen wird, keiner Gegenkurbel und erfreut sich deshalb wachsender Beliebtheit, obgleich sie ziemlich vielteilig ist.

Der Tender läuft auf zwei zweiachsigen Drehgestellen, von denen das hintere mit einer Hilfsmaschine (booster) ausgerüstet ist. Die Zylinder liegen innen, die Rahmen außen, so daß die Kuppelstangen an Kurbeln angreifen. Der Hilfstrieb gehört allmählich zur Regelausrüstung einer amerikanischen Lokomotive. Trotz seines verschwenderischen Dampfverbrauches ist er ein Mittel zur Ersparnis, weil er für Spitzenleistungen zusätzlichen Zylinderraum bereit stellt. Er erlaubt kleinere Zylinder oder weniger wechselnde Füllungen. Das Abweichen von der jeweils besten Füllung vergrößert aber, schnell wachsend, den Dampfverbrauch.

Man erwartet viel von dieser Lokomotive und glaubt an folgende Ersparnisse: durch den hohen Dampfdruck 15 vH, Verbundwirkung 17 vH und durch bessere Wärmeausnutzung wegen der großen Feuerbüchsheizfläche 12 vH. Das gäbe zusammen eine stattliche Kohlenersparnis. Wenn man die Hälfte erreicht, wird man froh sein können und mehr noch, wenn die Bauart sich im Betriebe bewährt. Die Weiterentwicklung des Brotankessels ist zu begrüßen; denn nach meiner Erfahrung läßt sich etwas Brauchbares daraus machen. In Verbindung mit einer Drillings-Gleichstrommaschine und dem dann sehr wirksamen Saugauspuff kann eine hochwertige Lokomotive geschaffen werden.

Charlottenburg. [M 542] F. Meineke.

Abb. 5. Erzverladebrücke mit neuartigem Antrieb in Ashtabula Harbour, Ohio.

Förderanlagen.

Eine große Erzverladebrücke.

Die neue Erzverladebrücke, die kürzlich in Ashtabula Harbour, Ohio, an Stelle der im vorigen Jahr vom Sturm umgeworfenen in Dienst genommen worden ist, hat als besondere Ausrüstung einen neuartigen Antrieb für die Brückenbewegung und zeichnet sich durch eine hohe Standsicherheit auch bei starkem Wind aus.

Der Aufbau der von der Brown Hoisting Machinery Co., Cleveland, gelieferten Brücke ist aus Abb. 5 ersichtlich. Die eigentlichen Gründungen der Kranfahrbahn und der Kaimauern sind 328 m lang und 87 m breit. Die Brücke ist von Schienenoberkante bis zur Katzenfahrbahn 21,6 m hoch. Die Länge der Brücke über alles beträgt 192 m, die der Katzenfahrbahn 178 m. Der Erzgreifer faßt 4,53 m³ entsprechend 13 t Erzen. Die von der Brücke bestrichenen Lagerbunker können im ganzen 1¼ Mill. t Eisenerze aufnehmen.

Die Brücke läuft auf 32 losen Rollenrädern, 16 auf jeder Seite. Sie wird bewegt durch zwei Antriebe, von denen jeder in einem der beiden Ständer untergebracht ist. Jeder dieser Antriebe läuft auf acht losen Rollen und bewegt die Brücke dadurch vorwärts, daß ein großes, von Motoren angetriebenes Gußstahlzahnrad in eine Zahnschiene eingreift, die sich über 315 m Länge am Ufer erstreckt.

Die Antriebe wiegen je 90 t, sind auf zwei Rollenwagen in rechteckigem Rahmen mittels Kugelzapfen gelagert und umfassen zwei voneinander unabhängige 100 PS-Motoren, die miteinander durch Klauenkupplung verbunden sind. Einer dieser Motoren würde bereits zum Verfahren der Brücke genügen; jedoch ist der zweite nur für den Fall vorgesehen, daß Störungen an einem Motor auftreten. Die Motoren treiben über Schnecken und Schneckenräder die mit den Zahnstangen in Eingriff stehenden Zahnräder. Die beiden Zahnradvorgelege wiegen je 9 t.

Einer der Vorteile, die für diese geteilte Antriebart sprechen, ist die schnellere Aufbaumöglichkeit der Brücke, da das Gerüst ohne Unterbrechung aufgerichtet und die Antriebmaschinen nachträglich eingebaut werden können, nachdem sie vorher in der Werkstatt vollkommen zusammengebaut worden sind. Dadurch, daß ferner die Maschine mit dem Gerüst nicht starr verbunden ist, ist ein dauernd sicheres Kämmen der Zahnräder mit den Zahnstangen trotz ungleichmäßiger Schienenlage gewährleistet. („The Iron Age" Bd. 115 (1925) S. 1653.) [M 739] Js.

Elektrotechnik.

Ein 130 000 V-Kabel.

Seit etwa Jahresfrist ist ein von der bekannten italienischen Kabelfirma Pirelli hergestelltes Kabel im Betrieb, das nicht nur wegen der hohen Spannung von 130 000 V, sondern auch wegen seiner neuartigen Ausführung bemerkenswert ist. In eine etwa 110 km lange Leitung für Drehstrom von 130 000 V und 42 Per./s mit ungeerdetem Nulleiter sind drei einadrige Kabel von je 600 m Länge eingebaut, deren Leiter aus einer mit Kupferdrähten um-

Abb. 6 und 7. Muster des 130000 V-Kabels.

Abb. 8 und 9. Kabelendverschluß des 130000 V-Kabels.
a Elektrostatischer Schirm
b Oeleintritt *c* Oeffnungen für Oel
d Gasablaß.

gebenen Eisendrahtspirale besteht, so daß sich eine hohle Ader ergibt, Abb. 6 und 7. Die Papierisolierung, die in der üblichen Weise um die Kupferdrähte gelegt ist, umschließt ein Bleimantel, den wieder Lagen von Papier und geteerter Jute umgeben. Bis 1911 zurückliegende Versuche, die ergaben, daß die dielektrische Festigkeit von getränktem Papier in enger Beziehung steht zum Widerstand, den das Papier dem Durchgang eines Gases entgegensetzt, waren für die Isolierung des Kabels maßgebend.

Das Papier wurde erst nach Aufbringung des Bleimantels getränkt. Nachdem die Feuchtigkeit durch einen die ganze Ader durchlaufenden trockenen Luftstrom entfernt worden war, wurde die Ader luftleer gemacht und dann die flüssige Isoliermasse hineingelassen. Die Anwendung der hohlen Ader gibt die Möglichkeit, Hohlräume, die bei einem Temperaturwechsel im Kabel entstehen, jederzeit aufzufüllen, so daß stets eine vollständige Tränkung des Dielektrikums aufrecht erhalten werden kann. Außerdem ist es hierdurch ermöglicht, daß die Spleiße, bei denen die Lötstelle durch ein Kupferrohr gebildet wird, nicht viel dicker als das Kabel selbst hergestellt werden. Die Schwierigkeiten, die sich an den Enden eines Kabels mit so hoher Spannung ergeben, sind durch einen neuartigen Kabelendverschluß, Abb. 8 und 9, dessen innerer in Verbindung mit dem die Tränkung regelnden Öltank stehender Teil mit flüssiger Isoliermasse und dessen äußerer mit fester Isoliermasse gefüllt ist. Die Bleimäntel jedes Leiters sind miteinander verbunden und gut geerdet.

Das Kabel wurde sowohl in der Fabrik als auch nach der Verlegung eingehenden Prüfungen, zum Teil mit Spannungen bis 275000 V, unterworfen. Es ist, nachdem es zunächst mit 65000 V gearbeitet hatte, seit dem 6. Oktober 1924 bei ungeerdetem Nulleiter mit 130000 V belastet worden. („Electrical World" Bd. 85 (1925) S. 603).

Wie die Zeitschrift „Power"[1]) Bd. 61 (1925) S. 1010 berichtet, hat die New York Edison Co. der General Electric Co. ein unterirdisches Kabel für 132000 V in Auftrag gegeben. Für dieses Kabel kommt die oben beschriebene Pirelli-Bauart zur Verwendung, für die die General Electric Co. die Bauerlaubnis erworben hat. [M 802] Hl.

Eisenkonstruktionen.

Schweißen größerer Eisenkonstruktionen.

Von den industriellen Schweißverfahren, die in amerikanischen und englischen Eisenbauwerkstätten und Werften angewendet werden[2]), eignet sich für das Herstellen der Eisenbauwerke im Wettbewerb beim Vernieten am meisten das Schmelzschweißen mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens (Gleichstrom), und zwar sowohl in technischer wie in wirtschaftlicher Hinsicht. Nach vielfachen Festigkeitsuntersuchungen wird bei richtiger Ausführung eine Festigkeit der Schweißverbindung von wenigstens 70 vH der Festigkeit des ungeschweißten Werkstoffes erreicht. Für erfolgreiche Werkstattarbeit ist Voraussetzung, daß alle Faktoren der Schweißarbeit, d. h. geeignetes Elektrodenmaterial, richtiges Vorbereiten der Arbeitsstücke und gute Ausbildung der Schweißer, unter dauernder Überwachung stehen. Es wird angestrebt, die Sicherheit der Konstruktion nicht von einer einzigen Naht abhängig zu machen, sondern die Kraftübertragung möglichst auf mehrere Schweißnähte zu verteilen. Auch wird empfohlen, die für die Nietarbeit übliche Form der Konstruktion nicht ohne weiteres für die geschweißte Ausführung zu übernehmen, sondern zu prüfen, welche Profilarten und Abmessungen für das Schweißen am geeignetsten sind.

Bei stumpfen Stößen wird mit rd. 15 vH Gewichtersparnis gegenüber Vernietung und mit etwa gleicher Gesamtkostenersparnis gerechnet. Hierbei gilt als mittlere Leistung eines Schweißers in der Massenanfertigung, daß er in der Werkstatt 0,8 kg/h Schweißstabeisen und auf dem Bauplatz 0,64 kg/h niederschweißt, vorausgesetzt, daß die Arbeitstücke an den Nähten vorbereitet und zum Schweißen geeignet gelagert sind. Die hiernach erforderliche Schweißstabmenge wird mit einem Zuschlag von 30 vH für Abbrand und Verlust an kurzen Enden berechnet. Das Zuschärfen der Schweißkanten erfolgt zumeist nach der X-Form. Man errechnet gegenüber der V-Form Vorteile im Elektrodenverbrauch und Arbeitslohn. Die Lage des Arbeitstückes wählt man so, daß das sogenannte Überkopfschweißen vermieden wird.

Das Hochbauamt der Stadt New York hat Belastungsprüfungen von geschweißten Dachkonstruktionen in der Weise vorgenommen, daß die Prüflast das Doppelte der zugelassenen Tragkraft betrug. Die ermittelte Durchbiegung lag innerhalb weniger Millimeter. Andere Formveränderungen oder Schäden der Schweißverbindungen traten nicht zutage. Eine dem Bericht angeschlossene Übersicht ausgeführter größerer Arbeiten enthält u. a. das Schweißen eines Walzwerkdaches, eines Kanal- und eines Küstenschiffes, eines Antennenmastes von 35 m Höhe, eines Gasbehälters und verschiedener Tanks. Es wird bemerkt, daß das Abdichten im Behälterbau viel leichter durch Schweißen als durch Nieten auszuführen ist. Der Gesamteindruck des Berichtes ist, daß die Anwendung der neueren Schweißverfahren im Eisenhochbau erst in den Anfängen steht. Die Amerikaner versprechen sich weitere Fortschritte, wenn die einschlägigen Fragen zwischen den beteiligten Kreisen der auftraggebenden Konstrukteure, Eisenhüttenleute und ausführenden Schweißindustrie sorgsam in einer Art Arbeitsgemeinschaft behandelt werden. [N 618] Füchsel.

[1]) Vergl. VDI-Nachrichten Nr. 40 vom 7. Oktober 1925.
[2]) „The Iron Age" Bd. 115 (1925) S. 1051.

Bergbau.

Neue englische Grubenlampen.

Die Safety-Lamp Order vom 24. November 1924 gibt außer einer Zusammenstellung bereits erprobter Sicherheitslampen weitgehende Einzelheiten und Skizzen von verschiedenen Sicherheits- und Akkumulatoren-Grubenlampen[3]).

Die Davis-Jackson-Spirituslampe mit Doppeldrahtkorb (122 Maschen auf 1 cm²) unterscheidet sich von den in Deutschland allgemein üblichen Lampen durch das Vorhandensein eines Blechmantels, ähnlich dem bei den Marsautlampen verwendeten. Der Sicherheitsverschluß erfolgt durch ein Bleiniet so, daß die Lampe ohne Auslöschen des Lichtes nicht geöffnet werden kann. Die Lichtstärke beträgt bei einer Brenndauer von mindestens 10 h 0,33 HK. Die gleiche Leuchtkraft weisen auch die Lampen ohne Drahtkorb, die Best's Gauzeless Lamps auf. Die Luft wird bei diesen Öllampen durch einen mit 30 Lufteinlaßlöchern von 6 mm Dmr. versehenen Messingmittelzylinder zugeführt; die Verbrennungsprodukte werden durch einen zylindrischen Stahlschornstein von 11,4 cm Länge, ähnlich wie bei der Müseler-Lampe, abgeleitet.

Von den elektrischen Lampen weisen für den Allgemeingebrauch unter Tage die Derby-, Cambrian- und Ceag-Lampe neue Konstruktionen auf. Sie sind ähnlich den deutschen Lampen mit halbfestem Elektrolyten ausgerüstet, bei einem Gesamtgewicht von 2,5 bis 3,0 kg und einer Lichtstärke von 1,1 HK. Für Sonderzwecke sowie für den Gebrauch der Grubenbeamten baut die Wolf Safety Lamp Co., Ltd., zwei neue Arten mit alkalischem Nickel-Kadmium-Akkumulator, der nach dem Laden 2,5 bis 2,7 V Spannung gibt, mit einem Eigengewicht von nur 740 und 1190 g. Am Schlusse der Verfügung werden Angaben gemacht über eine neue Schachtlampe, Type Ceag B, die bei einem Gewicht von 13,6 kg eine Lichtstärke von 5,6 HK aufweist.

[N 582] Prockat.

Über die Abwasser- und Schlammbehandlung auf Zechen des Ruhrbezirks.

Berichtigung. Der Bericht „Über die Abwasser- und Schlammbehandlung auf Zechen des Ruhrbezirks" in Z. Nr. 31 S. 1003 ist ein Auszug aus dem Aufsatz von Marinebaurat Dr.-Ing. Prüss in „Glückauf" Bd. 61 (1925) S. 500, worauf die Fußnote ²) des Berichtes hinweisen sollte. [N 981]

[3]) „Iron and Coal Trades Review" Bd. 110 (1925) S. 60.

Kleine Mitteilungen.

Schnellaufende Ölmaschine aus Stahl.

William Beardmore & Co., Glasgow, stellen seit einiger Zeit mehrere Größen von schnellaufenden kompressorlosen Ölmaschinen her, die, nach dem Viertaktverfahren arbeitend, mit 12 Zylindern von 209,5 mm Dmr. 600 PS und mit 12 Zylindern von 305 mm Dmr. 1200 PS leisten. In allen Fällen beträgt der Hub 305 mm und die Nenndrehzahl 750 Uml./min. Eine insbesondere für den Einbau in diesel-elektrische Eisenbahntriebwagen bestimmte Ausführung dieser Maschine, die mit vier Zylindern rd. 160 PS leistet, soll nur annähernd 4,53 kg/PS_e wiegen. Kennzeichnend für die Bauart ist, daß die ganze obere Hälfte des Kurbelgehäuses mit dem Zylinderblock in einem Stück aus Stahl gegossen ist, in dessen Bohrungen besonders dünne Laufbüchsen aus Stahl eingesetzt werden. Alle Lagerschalen bestehen aus Phosphorbronze, alle Pleuelstangen sind aus Sonderstahl geschmiedet und genau ausgewogen. Die Kolben sind aus Aluminium gepreßt und mit je drei Kolbenringen aus Gußeisen sowie je einem besonderen Ölabstreifring unterhalb der frei drehbaren Kolbenbolzen versehen. Die Zylinderköpfe sind für jeden Zylinder getrennt und mit eingegossenen Sitzen aus legiertem Stahl für je zwei Einlaß-, zwei Auspuffventile und ein Brennstoffventil versehen. Die Brennstoffpumpen, deren Fördermenge durch Änderung der wirksamen Hublänge geregelt werden kann, arbeiten mit einer gemeinsamen Zubringerpumpe. Bei einem vierstündigen Dauerversuch erreichte die Maschine bei Betrieb mit ausgeschleudertem mexikanischen Dieselöl von rd. 18° Anfangstemperatur 160,62 PS_e (engl.), wobei sie rd. 190 g/PS_eh Brennstoff und 4,5 g/PS_eh Schmieröl verbrauchte. („The Engineer" 2. Oktober 1925 S. 344/45*.) [N 1003 a] H.

Verbesserte Nutenanordnung bei einem Spillmotor.

Ein von der Diamond Coal-Cutter Company, Ltd., Wakefield, erbautes tragbares Spill für Grubenbetrieb ist weniger wegen des äußeren Aufbaues als wegen seines Motors bemerkenswert. Dieser, ein Dreiphasenmotor von 50 Per./s und 500 V Spannung, der bei 1000 Uml./min 4 Brems-PS leistet, hat an seinem Ständer keine geschlossenen Nuten, sondern, damit die Herstellungszeit wesentlich abgekürzt wird, offene Nuten, deren Verschlußkeile aber zur Verminderung des magnetischen Widerstandes aus magnetisch leitendem Material bestehen. Damit jedoch hier die Wirbelströme keinen zu großen Betrag annehmen, hat man die Keile aus Fiber hergestellt, das außen spiralig mit Eisendraht von hoher Permeabilität umwickelt ist. Mit gewöhnlichen Fiberkeilen nahm der Motor im Leerlauf bei 1000 Uml./min 474 W auf, mit den durch Eisendrahtspiralen verbesserten Keilen nur 280 W. („Engineering" 2. Oktober 1925 S. 409*). [N 1003 b] G.

Einfluß des Schmiermittels auf das Schlagen von Lagerwellen.

Newkirk und Taylor haben neuerdings Angaben über ihre Versuche zur Bestimmung des Einflusses des Schmiermittels auf den ruhigen Lauf von Wellen gemacht und festgestellt, daß bei einer Umlaufzahl, die das Doppelte der kritischen beträgt, infolge Resonanz des Schmieröles das Schlagen der Wellen beträchtlich gesteigert wird. Bei weiterer Steigerung der Umlaufzahl fällt die Ölresonanz zunächst ab, steigt jedoch bei schnellerer Drehung für wagerechte Lager wieder stark an; für senkrechte Lager bleibt sie gering. Kurze Lager mit reichlichem Spiel und großer Lagerdruck erweisen sich in bezug auf Schlagen der Welle am vorteilhaftesten. („Power" September 1922 S. 464.) [N 1003 d] A.

Neuer Kondensatorschutz gegen zu hohen Dampfdruck.

Die Dampfturbinenanlage des vor kurzem in Betrieb genommenen Elektrizitätswerkes Toronto der Ohio River Edison Co. ist mit einer neuen Vorrichtung ausgerüstet, die an Stelle des sonst üblichen Entlastungsventils zur Aufrechterhaltung der Luftleere im Kondensator dient. Die Vorrichtung besteht aus einer Quecksilbersäule in einem U-Rohr, dessen einer Schenkel oben in unmittelbarer Verbindung mit dem Kondensator steht. Im andern Schenkel ist unter atmosphärischem Druck ein Schwimmer angeordnet, mit dem auf gleicher senkrechter Achse eine Hülse in Verbindung steht, die oben und unten Vorsprünge trägt. Bei normaler Luftleere steht das Quecksilber in dem mit dem Kondensator in Verbindung stehenden Schenkel entsprechend höher als in dem andern Schenkel. Bei Verringerung des Unterdruckes wird Quecksilber in den andern Schenkel gedrückt und beginnt, den Schwimmer zu heben. Die sich gleichzeitig mit diesem hebende Hülse drückt mit ihrem oberen Vorsprung eine auf ihr liegende Klinke nach oben, wodurch ein Gewicht freigegeben wird, das beim Niederfallen ein zwischen Turbine und Kondensator befindliches Drosselventil schließt.

Der Anlage wird große Empfindlichkeit nachgerühmt, die etwa zehnmal so groß wie bei dem üblichen Entlastungsventil sein soll. Im Ruhezustand der Turbine sind die Quecksilbersäulen in beiden Schenkeln gleich hoch, die das Gewicht auslösende Klinke liegt dann unmittelbar über dem unteren Vorsprung der Hülse. Wird die Maschine in Gang gesetzt, so gleitet der Schwimmer nebst der Hülse entsprechend dem Sinken des Quecksilberspiegels in diesem Schenkel nach unten, bis schließlich der Riegel an dem oberen Vorsprung vorbeigleitet und wieder lose auf ihm aufliegt. Je nach dem gewünschten Unterdruck läßt sich die Hülse in senkrechter Richtung verschieben. („Power" 22. September 1925 S. 442*.) [N 1003 e] Sd.

Das Tankschiff „British Petrol".

Kürzlich hat die Firma Swan, Hunter & Wigham Richardson, Newcastle-on-Tyne, das Tankschiff „British Petrol" für die British Tanker Co., London, fertiggestellt. Das Schiff hat 139 m Länge, 17,4 m Breite, 7,32 m Tiefgang und 10 250 t Tragfähigkeit. Das Öl wird in 20 Zellen im Raum und in zehn Sommerzellen gefahren. Im Vorderschiff ist ein Raum für feste Ladung vorgesehen. Zum Verladen der Öllast dienen zwei Pumpen von 300 t/h Leistung, die im Hauptpumpenraum untergebracht sind. Ein kleiner Pumpenraum im Vorschiff enthält die Ballast- und Brennstoffpumpen. Der Brennstoff von zusammen 740 t wird in einem Querbunker, im Doppelboden vorn und hinten und in Setztanks gefahren. Die Hauptmaschine ist eine einfachwirkende achtzylindrige Zweitakt-Dieselmaschine von 610 mm Zylinderdurchmesser, 1265 mm Hub und 3200 PS_e Leistung. Zwei Zylinderkessel, von denen einer auch durch Abgase geheizt werden kann, sind eingebaut; sie liefern Dampf für den Antrieb von Ladepumpen und Hilfsmaschinen. Die Rudermaschine wird elektrisch betrieben. Zwei 60 kW-Stromerzeuger mit Dieselantrieb sind vorgesehen. („The Engineer" 2. Okt. 1925 S. 355. [N 1003 f] W. S.

Lange Druckrohrleitungen aus Eisenbeton.

Bei dem in der Nähe Wiens erbauten Kraftwerk Föhrenwald wurde ein 1720 m langes Druckrohr aus Eisenbeton von 2,3 m l. W. verlegt, das infolge des höchsten Innendruckes von 2 at 16 bis 22 cm Wanddicke hat. Das Rohr ist auf der ganzen Länge mit 1 m Erde überschüttet. Sehr schwierig war es, Vorkehrungen zu treffen, die einen Ausgleich für die natürliche Schwindung des Rohres schaffen. Da die Schwindung in den ersten Monaten der Erhärtung am größten ist, so stellte man die ganze Rohrleitung aus Teilstücken von je rd. 72 m Länge her, die man mindestens sechs Wochen erhärten ließ, bevor man daran ging, die etwa 60 cm betragenden Zwischenräume zwischen den einzelnen Rohrabschnitten durch Betonmuffen zu verbinden. Nach etwa dreijähriger Bewährung kann man nunmehr sagen, daß dieses Verfahren zum Ziele führt. Das nach denselben Grundsätzen gebaute Druckrohr des Kraftwerkes Blumau mit insgesamt 4500 m Länge, 14 bis 24 cm Wanddicke und 2,8 at höchstem Innendruck hat sich ebenfalls als einwandfrei erwiesen. Die Teilstücke dieses Rohres haben eine Länge von 91 m. („Schweiz. Bauz." 3. Oktober 1925 S. 171*.) [N 1003 g] G.

Neue Kraftwagen-Übungsstraße in Frankreich.

Die bekannten Automobilrennen um den Großen Preis des Automobilklubs von Frankreich sind in diesem Jahr auf der neuen Bahn von Linas-Montlhéry ausgetragen worden. Die Anlage besteht aus einer in sich geschlossenen Rennbahn mit Eisenbetondecke und einer 11,3 km langen, 10 m breiten Übungsstraße mit scharfen Krümmungen. 3,5 km dieser Straße sind betoniert; die Dicke der Betonschicht, die auf einer Kiesbettung von 4 bis 5 cm verlegt ist, beträgt 15 cm. 7,8 km der Übungsstraße haben eine Fahrbahndecke aus wasserlöslichem Bitumen. Als Unterbettung dient tonhaltiger Sand von 4 cm, darüber eine Schotterlage von 15 bis 20 cm Dicke. Das Emulsionsgemisch wird in kaltem Zustand in die Straße eingebracht, trocknet aus und gibt eine feste, asphaltische Decke.

Um einen Vergleich zwischen Beton- und Bitumendecke anstellen zu können, wechseln beide Arten auf der ganzen Länge der Übungsstraße mehrfach ab. Die bituminöse Decke soll allen Erwartungen entsprochen haben. Sie wurde sehr bald fest und soll auch bei Regen nicht schlüpfrig sein. Einige Tage nach ihrer Herstellung sind bis zu 3 t schwere Wagen mit 150 km/h Geschwindigkeit ohne Beanstandung darüber gefahren. Die Radreifen werden auf dieser Decke nicht angegriffen. Ein Peugeot-Wagen hat 1056 km mit durchschnittlich 86 km/h durchfahren, ohne daß ein Reifen gewechselt worden wäre. („Le Génie Civil" 26. Sept. 1925 S. 261/66*.) [N 1003 h] M.

BÜCHERSCHAU.

Taschenbuch für Berg- und Hüttenleute. Herausgegeben von Professor Dr.-Ing. F. Kögler. Berlin 1924, Wilhelm Ernst & Sohn. 1477 S. m. 810 Abb. Preis 21 ℳ.

Das „Taschenbuch" soll für Berg- und Hüttenwesen eine Art „Hütte" darstellen und auf möglichst gedrängtem Raum alles Wissenswerte aus diesen Fachwissenschaften und den zugehörigen Grenzgebieten, die ja gerade beim Bergbau besonders zahlreich sind, zusammentragen. In 32 Kapiteln werden behandelt die Mineralogie, Geologie, Lagerstättenlehre, das Schürfen, die Tiefbohrkunde, die Gewinnungsarbeiten, die Grubenbaue und Abbauverfahren, der Grubenausbau, das Schachtabteufen, die Förderung und Fahrung, die Wasserhaltung, die Wetterlehre nebst Beleuchtungs- und Rettungswesen, der Braunkohlenbergbau, die Aufbereitung, die Brikettierung, die Kokerei, die Verarbeitung der Kalisalze, die Bergwirtschaftslehre, das Bergrecht, die Grubensicherheit, die Markscheidekunde, die Dampfkraftanlagen, die Verbrennungskraftmaschinen, die Bergwerksmaschinen, die Elektrotechnik, die Baustoffe, die Probierkunde, die allgemeine und Metallhüttenkunde und die Elektrometallurgie.

Die Zusammenstellung ist insofern nicht vollständig, als die Eisenhüttenkunde sowie die besondere Behandlung des Salz- und Erzbergbaues fehlen. Nach der Durchführung der gestellten Aufgaben schwankt das Buch zwischen einem Nachschlagewerk und einem knapp gefaßten Lehrbuch; die einzelnen Abschnitte sind in dieser Hinsicht nicht gleichmäßig ausgefallen. An Zahlentafeln ist das Werk nicht so reich, wie man es für ein Nachschlagebuch wünschen möchte; einerseits fehlen eine Reihe von Zahlenangaben, wie sie in vielen Abhandlungen unsrer Zeitschriften enthalten sind, anderseits sind viele Zahlen im Text verstreut, wodurch die Übersichtlichkeit etwas leidet.

Um die Fülle des Stoffes in einen einzigen Band bannen zu können, ist von dem Hilfsmittel abgekürzter Darstellung und der Verwendung kleineren Druckes für weniger wichtige Abschnitte reichlich Gebrauch gemacht worden.

Die Behandlung der einzelnen Abschnitte ist nicht gleichwertig sowohl nach Umfang wie nach Inhalt. Besonders gut sind solche Abschnitte ausgefallen, denen besondere Arbeiten der Verfasser zugrunde lagen, z. B. Braunkohlenbergbau, Wasserwirtschaft, Förderung, Schachtfördermaschinen, Aufbereitung und Brikettierung. Verhältnismäßig knapp ist die Kokerei behandelt worden; hier vermißt man Abbildungen und Zahlenzusammenstellungen. Auch im Abschnitt Metallhüttenkunde würde eine Belebung durch Abbildungen, Stammbäume und Zahlentafeln erwünscht gewesen sein.

Diese Bemerkungen hindern aber nicht, den sehr reichen und gediegenen Inhalt des Buches anzuerkennen, der ihm den Anspruch auf ernste Berücksichtigung in Fachkreisen sichert und es zum täglichen willkommenen Gehilfen vieler Fachleute machen wird. [E 824] Herbst.

Die Kommutatormaschinen für einphasigen und mehrphasigen Wechselstrom. Von Dr.-Ing. eh. M. Schenkel, Obering. der SSW. Berlin und Leipzig 1924, W. de Gruyter & Co. 259 S. m. 124 Abb. Preis 12 ℳ.

Der Verfasser hat zwanzig Jahre lang an maßgebender Stelle an der Entwicklung der Kommutatormaschinen mitgearbeitet. Sein vorliegendes Buch trägt insbesondere den Bedürfnissen der Praxis Rechnung. Es behandelt Kommutatormotoren und -stromerzeuger für Einphasen- und Drehstrom sowie Frequenzwandler und Phasenschieber. „Der Zweck des Buches soll der sein, das Bewährte gründlich zu beschreiben und auf diejenigen Formen einzugehen, die nach dem jetzigen Stande der Beurteilung Aussicht haben, in der Praxis dauernd verwendet zu werden."

Die Aufgabe, die sich der Verfasser gestellt hat, hat er mit großem Geschick gelöst. Eine allgemeine Beschreibung des Aufbaues und der Schaltung und ein Kapitel über die Anwendungen der verschiedenen Kommutatormaschinen enthalten wertvolle Angaben für die Praxis. Auch die Frage der neuzeitlichen wirtschaftlichen Drehzahlregelung und Phasenverbesserung wird eingehend behandelt, desgleichen die elektrische Bremsung und Stromrückgewinnung beim Bremsen. In den Kapiteln 4 bis 7 werden die theoretischen Grundlagen behandelt: Die Speisung des Ankers über einen Kollektor, der Anker mit Kollektor im magnetischen Feld, die Leistung der Maschine und die Größe des Kollektors sowie die Kommutierung. Die Beschreibung der besonderen Arbeitsweise der einzelnen Arten füllt die letzten neun Kapitel des Buches. Immer werden in klarer, verständlicher Weise die gemeinsamen Grundlagen herausgeschält, die Zusammenhänge betont; auf eine einfache Erklärung der physikalischen Vorgänge ist Wert gelegt und diese sind an klaren Vektordiagrammen erläutert.

Einzelheiten, die nunmehr erwähnt werden, können den Wert des Buches nicht herabsetzen, sondern sollen nur als Anregungen gewertet werden. In Abb. 30, die die Ankerspeisung in allgemeiner Form darstellt, ist die Bedingung $\Sigma J = 0$ nicht erfüllt. Daß der Verfasser bei der Kommutierung die Bezeichnung „Wendespannung" statt „Reaktanzspannung" benutzt, ist zu begrüßen; für die Einführung des Begriffes „Kurzschlußspannung" an Stelle des viel treffenderen Ausdruckes „Transformatorspannung" liegt aber kein Grund vor. Bei der Erläuterung der Sättigungsverhältnisse eines Reihenschlußmotors an Abb. 56 ist wohl ein Hinweis notwendig, daß es sich nur um Annäherungen handelt; denn weder ist die Tangente im Unendlichen an die magnetische Charakteristik eine Wagerechte, noch gibt die Tangente im Anfangspunkt die Luft-Amperewindungen. Auch einige Druckfehler müssen bei einer Neuauflage ausgemerzt werden. Einige sind als solche leicht zu erkennen, andre weniger leicht. Auf S. 104 ist $C = 500$, nicht 50, auf S. 109 ist die Polpaarzahl gleich p, nicht $2\,p$.

Das Schenkelsche Buch füllt sicher eine bestehende Lücke in der elektrotechnischen Literatur aus. Es bildet eine wertvolle Ergänzung der bestehenden theoretischen Literatur nach der praktischen Seite. Jeder, der mit Kommutatormaschinen als Rechner, Konstrukteur, entwerfender Ingenieur oder im Betriebe zu tun hat, wird das Buch mit großem Nutzen lesen und mancherlei Anregung aus ihm schöpfen. [E 460] P. Reinisch.

Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie. Von Dr. J. Zenneck und Dr. H. Rukop. 5. Aufl. Stuttgart 1925, Ferdinand Enke. 902 S. mit 775 Abb. Preis geh. 34,50 ℳ.

Die mit Spannung erwartete Neuauflage des bekannten, s. Z. grundlegend gewesenen Zenneckschen Lehrbuches wird allen Fachleuten eine große Enttäuschung bereitet haben. Denn bis zur S. 505 ist das Buch ein völlig unveränderter Neudruck der im Jahre 1914 erschienenen dritten Auflage. Der bei der vierten Auflage (1916) neu hinzugekommene Anhang ist in die vorliegende Neuauflage mit einigen Änderungen und Erweiterungen als Ergänzung zu Kapitel 12, Empfänger, in einem Umfange von 10 S. aufgenommen worden. In dem aus den Kapiteln 1 bis 14 bestehenden ersten Teile des Lehrbuches sind also die gewaltigen Fortschritte, die die Funktechnik in theoretischer und praktischer Beziehung in den letzten 10 Jahren gemacht hat, überhaupt nicht berücksichtigt worden. Die im Vorwort von Prof. Dr. Zenneck dafür angegebenen Gründe sind nicht recht verständlich.

Das als zweiter Teil neu hinzugekommene, von Dr. Rukop verfaßte 15. Kapitel über Vakuumröhren, das einschließlich eines ausgezeichneten Literaturnachweises 358 Seiten umfaßt, ist an sich sehr gut und von erfreulicher Klarheit der Darstellung. Da hier aber lediglich die Vakuumröhren besprochen werden, kann der zweite Teil in keiner Weise für die Mängel des allgemeiner gehaltenen ersten Teiles entschädigen.

Unter diesen Umständen hätte der Verlag das Rukopsche Werk unbedingt als besonderen Band herausgeben müssen. Hoffentlich wird Prof. Dr. Zenneck sich recht bald zur Neubearbeitung der ersten vierzehn Kapitel des Lehrbuches entschließen. [E 645] C. W. Kollatz.

Meyers Lexikon. 7. Aufl. Bd. 2. Bechtel—Conthey. Leipzig 1925, Bibliographisches Institut. 1719 S. m. zahlr. Abb. Preis 30 ℳ.

Nach knapp einem halben Jahr ist jetzt auf den ersten Band der zweite der Neuauflage von Meyers Konversationslexikon gefolgt. Er zeigt dieselbe gute Ausstattung wie der erste Band: klaren Druck, deutliche Text- und Tafelabbildungen. Im Gegensatz zu früher tritt in der Neuauflage das Gebiet der Technik mehr hervor. So finden sich längere Abhandlungen mit Abbildungen über Bergbau, Brücken, Chemische Industrie u. a.

Ingenieur-Adreßbuch. Mitgliederverzeichnis des Vereines deutscher Ingenieure, abgeschl. 31. März 1925. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 447 S. m. 2 Bildtaf. u. 3 Karten. Preis geb. 24 ℳ (Mitgl. d. V. d. I. 12 ℳ).

Grundzüge der technischen Wirtschafts-, Verwaltungs- und Verkehrslehre. Von E. Mattern. Berlin 1925, Julius Springer. 350 S. m. 35 Abb. Preis geh. 18 ℳ, geb. 19,50 ℳ.

Technologie der Maschinenbaustoffe. Von Paul Schimpke. 5. Aufl. Leipzig 1925, S. Hirzel. 395 S. m. 230 Abb. Preis geh. 13 ℳ, geb. 15 ℳ.

Baukalk. Die verschiedenen Kalkarten und ihre zweckmäßigste Verwendung. Von Fritz Eisemann. Berlin 1925, Kalk-Verlag. 12 S. Preis 0,50 ℳ.

Grandes Voutes. Von Paul Séjourné. Comptes Rendus. Bourges 1923, Vve. Tardy-Pigelet & Fils. 157 S.

Die Mitberechtigung an der Erfindung. Von Oskar Zeller. Arbeiten zum Handels-, Gewerbe- und Landwirtschaftsrecht Nr. 39. Marburg i. Hess. 1925. N. C. Elwert. 87 S. Preis 3,50 ℳ.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Der Wärmeübergang bei kondensierendem Heißdampf.

In dem unter dieser Überschrift in Z. Bd. 69 (1925) S. 905 veröffentlichten Aufsatz behauptet Dr.-Ing. Stender, daß die bisherigen Anschauungen über den Wärmeübergang von Heißdampf durch eine Rohrwand auf Flüssigkeiten, insbesondere die von Hirsch 1914 geäußerte (von mir aber bereits vor Jahrzehnten wiedergegebene), irrig seien. Seine anders gearteten Annahmen, daß an einer Rohrwand gleichzeitig die Überhitzungswärme abgeführt, der Heißdampf kondensiert und das Kondensat abgekühlt wird, dienen ihm als Grundlage für Berechnungen, die zu andern Ergebnissen führen, als die bisher ausgeführten Versuche und Beobachtungen in der Praxis. In solchen Fällen aber, wo die Berechnungen auf nicht allgemein anerkannten Grundlagen aufgebaut werden, kann allein der Versuch über die Richtigkeit entscheiden.

Es kann nicht oft genug hervorgehoben werden, daß die Vorgänge beim Wärmeübergang von Dampf durch eine Heizwand auf Flüssigkeiten nicht mit denen verglichen werden können, die unter einfacheren Verhältnissen beim Wärmeübergang von Flüssigkeiten oder Gasen durch eine Wand auf andre Flüssigkeiten oder Gase stattfinden. Erstere sind so verwickelter Art (siehe Z. f. angew. Chemie 1919 S. 241), daß sie sich jeder Berechnung entziehen. Das trifft für den Wärmeübergang von Heißdampf noch in erhöhtem Maße zu, weil hier ein Gas zunächst auf den Sättigkeitspunkt abgekühlt werden muß, ehe es seine Hauptwärme abgeben kann.

Nur Versuche können also die von Dr.-Ing. Stender aufgeworfene Streitfrage entscheiden. Bisher sind solche Versuche mit Heißdampf nur in geringer Zahl ausgeführt worden. Ich selbst habe einige angestellt, die in der Zeitschrift des Vereins der deutschen Zuckerindustrie 1900 S. 807 veröffentlicht sind und eine starke Erniedrigung der Wärmedurchgangszahl gegenüber gesättigtem Wasserdampf ergeben. Ähnliche Erfahrungen sind mehrfach in der Praxis bei der Verwendung der Wärmepumpe gemacht worden. Alle solche Beobachtungen darf man doch nicht unbeachtet lassen, sondern muß sie durch weitere Versuche entweder widerlegen oder bestätigen. Dabei ist aber auf eine scharfe Trennung der Begriffe der Wärmeübergangszahl und der Wärmeübergangsmenge zu achten, die Dr.-Ing. Stender nicht genügend auseinander gehalten hat. Aus allen diesen Gründen kann das Ergebnis der Berechnung von Dr.-Ing. Stender nicht als endgültige Lösung der Frage gelten.

Dr. H. Claassen.

Zu dem Aufsatz von Dr.-Ing. Stender gestatte ich mir darauf hinzuweisen, daß der Wärmeübergang von kondensierendem Heißdampf bereits einwandfrei erklärt ist durch die Veröffentlichung von Stodola (Dampfturbinen, 5. Aufl., S. 866), worin es heißt:

1. „Bei diesem Anlaß sei noch auf den großen Gegensatz zwischen der gewöhnlichen und der molekularen Wärmeleitung hingewiesen. Letztere wird wirksam, wenn die Tropfengröße klein ist gegenüber der Weglänge der Moleküle . . . Sobald große Tropfen auftauchen, hat man mit dem gewöhnlichen Leitungsvermögen des Dampfes und den bekannten Wärmeleitungsgleichungen zu operieren. Der Wärmeaustausch ist dann unendlich viel langsamer . . .“

Der rasche Wärmeübergang von kondensierendem Heißdampf erklärt sich daraus, daß eben das in statu nascendi befindliche Kondensat äußerst fein verteilt und damit die Vorbedingung für das Auftreten der molekularen Wärmeleitung gegeben ist. An einer kühlen Fläche, welche von überhitztem Dampf berührt wird, befindet sich das fortwährend im Entstehen begriffene Kondensat ebenfalls in denkbar feinster Verteilung und bewirkt in diesem Zustand das Eintreten der molekularen Wärmeleitung in der entsprechenden Größenordnung, deren Höhe dann zu den von Herrn Dr.-Ing. Stender im letzten Absatz seiner Arbeit erwähnten praktischen Folgerungen führt. Also dort, wo die Kondensation einmal eingesetzt hat, verlangt die Überhitzung des Heizdampfes keine Vergrößerung der Heizflächen und auch keine sonstigen Einrichtungen zur Übertragung der Überhitzungswärme. Wesentlich ist hierbei stets die äußerst feine Verteilung des Kondensates. An der Fläche einer zusammenhängenden Wassermasse dagegen ist die Wärmeübertragung aus Heißdampf sehr gering.

E. Schlegel.

In seiner Untersuchung über die Wärmeübertragung von überhitztem Dampf auf Wasser bezieht sich Dr.-Ing. Stender auf meine Stellungnahme zu den Versuchen von Sprague. Er bezeichnet es hierbei als Irrtum, wenn ich für die Abführung der Überhitzungswärme des Heißdampfes, Kondensation und Unterkühlung des Kondensats drei Zonen annehme, und meint mit Sprague, daß längs der ganzen Oberfläche des als langes Rohr gedachten Kondensators gleichzeitig Abführung der Überhitzungswärme, Kondensation des Dampfes und Unterkühlung des Kondensats stattfinde.

Meine Betrachtung galt für eine zeitgemäße Bauweise mit turbulenter Strömung und schloß ausdrücklich den Ausnahmefall aus, wo eine künstliche Enthitzung, z. B. durch Mischung des eintretenden Heißdampfes mit dem unterkühlten Kondensat erfolgt. Stender dagegen behandelt den Wärmeübergang bei ruhendem Dampf, wobei selbstverständlich keine ausgesprochene Zonenbildung in der Strömungsrichtung zu erwarten ist. Hierin liegt ein grundsätzlicher Unterschied, der die Unterschiede der Folgerungen begründet.

Der Nachweis, daß die drei Teilvorgänge in ziemlich scharf getrennten Zonen vor sich gehen können, ist besonders leicht zu führen, wenn der Kondensator, wie dies ausnahmsweise geschieht, die Form einer äußerlich berieselten Rohrschlange annimmt. Hierbei kann unschwer die Berieselung an einzelnen Stellen, z. B. den Umkehrbogen, unterbleiben und damit die äußere Rohrwandtemperatur besonders leicht festgestellt werden. Die so gemessene äußere Wandungstemperatur liegt bei genügend hoher Dampfgeschwindigkeit in der Regel in der zuerst durchlaufenen Strecke oberhalb der dem Druck entsprechenden Sättigungstemperatur, im anschließenden Hauptteil fast ganz genau bei der Sättigungstemperatur, im letzten Teil darunter.

Würde nach der Annahme von Stender an jeder Stelle Enthitzung, Kondensation und Unterkühlung gleichzeitig stattfinden, so müßten vom Kern des Rohres nach außen Heißdampf, Sattdampf und unterkühltes Kondensat aufeinander folgen, die Wandtemperatur daher nahezu gleich bleiben und stets unterhalb der Sättigungstemperatur liegen. Bei Sattdampf ergibt sich, weil die Wärmeübergangszahl für Naßdampf-Wand gegenüber Wand-Wasser außerordentlich hoch ist, eine Wandtemperatur, die sehr nahe bei der Sättigungstemperatur liegt. Da bei gleichen Verhältnissen auf der Wasserseite die vom Wasser aufgenommene Leistung nur von der Wandtemperatur abhängt, so ist ganz allgemein für Heißdampf keine höhere Wärmeübertragung zu erwarten als bei Sattdampf gleicher Spannung, wenn die Stendersche Annahme zutrifft. Tatsächlich gibt auch Sprague an, daß er bei seinen Versuchen in beiden Fällen gleiche Leistungen beobachtet hat, bedauerlicherweise ohne die erforderlichen Zahlen anzugeben.

Daß das Verhältnis der Wärmeübergangszahlen von Heißdampf und Naßdampf unveränderlich ist, kann man schon deshalb nicht bezweifeln, weil sonst beim Erreichen des Sättigungszustandes ein Sprung der Wärmeübergangszahl eintreten würde. Die Versuche von Sprague stellen ebenso wie die Arbeit von Stender fest, daß die übergehende Wärmemenge bei gegebener Wassertemperatur und sonst gleichbleibenden Verhältnissen nicht abnimmt, wenn man Sattdampf durch Heißdampf ersetzt. Beide befürworten daher die Verwendung von Heißdampf für Heizzwecke im Gegensatze zu bisherigen Ansichten. Meine Kritik der Versuche von Sprague beschränkt sich nur auf runde Vergleichzahlen, auch bezüglich der Wärmeübergangszahl des Heißdampfes, weil Heißdampf als nahezu vollkommenes Gas eine niedrige Wärmeübergangszahl hat, die sich erst in der Nähe des Sättigungspunktes ändern dürfte.

Ausnahmen von der behaupteten Höherwertigkeit des überhitzten Dampfes bilden nach Stender „die Fälle, wo die Strömungsgeschwindigkeit so hoch ist, daß in einem Teile des Heizkörpers keine Kondensation des Dampfes erfolgt, die Rohrwand eine höhere Temperatur als die zugehörige Sättigungstemperatur des Dampfes annehmen kann und der Stoff, der die Wärme von der Wand abnimmt, eine bestimmte Temperatur nicht überschreiten darf“. Wenn hiermit gesagt werden soll, daß bei hoher Strömgeschwindigkeit eine getrennte Überhitzungszone anzunehmen und die Wandtemperatur höher als die zugehörige Sättigungstemperatur ist, so würde aus dieser hohen Wandtemperatur erst recht eine höhere Wärmeleistung folgen, die Anwendung des Heißdampfes sich daher ganz besonders empfehlen.

In Wirklichkeit gilt die Stendersche Annahme nur dann, wenn die Wandtemperatur bei hoher Geschwindigkeit in der Überhitzungszone niedriger bleibt als die Sättigungstemperatur. Wenn ferner nach Stender eine Wandtemperatur, die unter der Sättigungstemperatur liegt, unbedingt zu Kondensation an der Wand führen muß, so entsteht der Widerspruch, daß sich bei hoher Dampfgeschwindigkeit eine schlechtere Wärmeübertragung ergäbe als bei niedriger Dampfgeschwindigkeit. Dies aber ist mit der Erfahrung unvereinbar.

Ich stehe auf dem Standpunkt, daß die von Sprague und Stender vertretene Ansicht wegen ihrer einschneidenden Bedeutung für die gesamte Heiztechnik die Vornahme einwandfreier Versuche verlangt.

Dipl.-Ing. M. Hirsch.

Antwort.

Ich begrüße die Zuschriften von Dr. Claassen und M. Hirsch in erster Linie, weil sie meine Anregung auf Ausführung von Versuchen, die ich bereits im Januar d. J. an die zuständige Stelle gerichtet habe, unterstützen. Diese Versuche müssen, einwandfrei und sachgemäß ausgeführt, entweder meine Theorie bestätigen und damit erst die in jahrzehntelanger Gewohnheit tief eingewurzelte Überzeugung weiter Kreise von der Minderwertigkeit des Heißdampfes für Heizzwecke umstürzen oder klipp und klar beweisen, daß eine beliebige Unterkühlung des Dampfes oder ein Temperatursprung zwischen Dampf und Wand möglich ist. Im letzten Falle würden die Versuche unsre Kenntnisse vom Dampf

wesentlich erweitern. In zweiter Linie sind mir die Zuschriften sehr willkommen, weil sie mir Gelegenheit geben, einige Erläuterungen vorzubringen und Mißverständnisse aufzuklären, die, wie bei den Einsendern, auch bei andern Lesern entstanden sein können und die Verständlichkeit meiner Ausführungen beeinträchtigt haben mögen.

Ich habe nicht angenommen, „daß an einer Rohrwand gleichzeitig Überhitzungswärme abgeführt, der Heißdampf kondensiert und das Kondensat abgekühlt wird", sondern nur, daß die Temperatur der Rohrwand bei nicht kondensierendem Heißdampf nicht geringer als die Sättigungstemperatur des Dampfes sein kann. Was Dr. Claassen als meine Annahme darstellt, war nur die notwendige Folge meiner wirklichen Annahme. Der Unterschied ist nicht unerheblich.

„Der Wärmeübergang von Dampf durch eine Heizwand auf Flüssigkeit" besteht aus drei voneinander vollkommen unabhängigen Faktoren, von denen ich den einen, den Wärmeübergang von kondensierendem Dampf an Wand, betrachtet habe. Dabei setzte ich die Wärmeübergangszahl von kondensierendem Sattdampf an Wand als bekannt voraus und verglich damit diejenige von kondensierendem Heißdampf an Wand mit steigender Temperatur des Heißdampfes. Von hier bis zur Berechnung von Wärmeübergangszahlen für den Wärmeaustausch zwischen Dampf und einem andern Mittel ist ein weiter Weg, der nur in Zusammenarbeit von Versuch und Theorie mit Erfolg zurückgelegt werden kann. Hierzu glaube ich einen bescheidenen Beitrag geliefert zu haben.

Den Vorwurf, auf eine scharfe Trennung der Begriffe „Wärmeübergangszahl und Wärmeübergangsmenge" nicht genügend geachtet zu haben, glaube ich zurückweisen zu dürfen. Ich habe das Wort „Wärmeübergangszahl" stets nur für die Dimension kcal/m²h °C, die Worte „übertragene" oder „übergehende Wärmemenge" nur für die Dimension kcal/m²h, für den Vorgang selbst aber nur das Wort „Wärmeübergang" gebraucht, so daß mir eine Verwechselung der Begriffe kaum möglich erscheint.

Die von Hrn. Schlegel angeführte Literaturstelle hat mit dem vorliegenden Problem des Wärmeüberganges von Heißdampf an gekühlte Wand nichts zu tun. Es handelt sich dort um die Erscheinung der Kondensation des durch Expansion unterkühlten Dampfes an einem im Dampfraum schwebenden Wassertröpfchen, wobei das Wassertröpfchen wächst. Stellt man die Wärmebilanz für den Fall auf, daß ein Wassertröpfchen in einer Heißdampfatmosphäre schwebt, so erkennt man, daß es nicht wächst, sondern abnimmt und seine Wirkung bald zu Ende sein muß. Schlegel bemerkt ganz richtig, daß „an der Fläche einer zusammenhängenden Wassermasse (z. B. Kondensatschicht an der Wand) die „Wärmeübertragung aus Heißdampf sehr gering ist". Molekulare Wärmeleitung könnte also nur in dem Grenzfalle wirksam werden, wenn der Dampf den Wärmeverlust der Wand gerade noch, ohne zu kondensieren, decken kann, aber wegen Temperaturschwankungen vorübergehend doch Kondensation eintritt, so daß sich das Kondensat in statu nascendi in feinster Verteilung an der gekühlten Fläche vorfindet. Für das Gesamtproblem hat diese Erscheinung keinerlei Bedeutung.

Hirsch sucht die Verschiedenheit seiner und meiner Folgerungen dadurch zu erklären, daß ich angeblich nur den Wärmeübergang bei ruhendem Dampf behandelt hätte. Da ich im Gegenteil nicht nur den Vorgang bei ruhendem Dampf, sondern auch bei strömendem Dampf, und zwar sowohl bei Strömung oberhalb als auch unterhalb der kritischen Geschwindigkeit betrachtet habe, so liegt hier ein Irrtum von Hirsch vor. Der grundsätzliche Unterschied liegt vielmehr darin, daß nach der alten Anschauungsweise bei Beschickung des Apparates mit Heißdampf zwingend eine Wandtemperatur zugelassen werden muß, die weit unterhalb der Sättigungstemperatur liegt, während ich diese Möglichkeit ausschließe.

Bei der von Hirsch skizzierten Versuchseinrichtung würden Rohrwandtemperaturen bei Wärmeübergang von Dampf an Luft gemessen werden, die keinen Rückschluß auf die Wandtemperaturen der in der Nähe liegenden Rohrstrecken gestatten, wo der Wärmeübergang von Dampf an Wasser stattfindet. Der Versuch wäre wertlos.

Wie sich die Verbesserung der Wärmeübergangszahl von Dampf an Wand auf die Wärmeaustauschzahl k zwischen den beiden durch die Wand getrennten Mitteln auswirkt, hängt von dem Verhältnis der beiden Wärmeübergangszahlen α_1 und α_2 auf der Dampf- und auf der Flüssigkeitsseite ab. Ist α_1 sehr groß gegen α_2, z. B. bei Wärmeübergang von Dampf an ruhende Luft oder Flüssigkeiten, so ist die Verbesserung von k verhältnismäßig gering; ist α_1 von gleicher Größenordnung wie α_2, z. B. bei Wärmeübergang von Dampf an strömende oder siedende Flüssigkeiten, so kann die Verbesserung bedeutend sein. Die Betrachtung von Hirsch, daß bei Heißdampf keine höhere Wärmeleistung zu erwarten sei als bei Sattdampf, ist daher nur soweit richtig, als die Erhöhung unter Umständen nicht wesentlich sein mag. Auf jeden Fall ist theoretisch nie eine geringere Wärmeleistung zu erwarten.

Hirsch nimmt an, daß sich die Wärmeübergangszahl von nicht kondensierendem Heißdampf bei abnehmender Überhitzung der Wärmeübergangszahl von Naßdampf nähert, „weil sonst bei Erreichung des Sättigungszustandes ein Sprung der Wärmeübergangszahl (und in der Wärmeleistung) eintreten würde". Dieser Sprung kann nur vermieden werden, wenn die beiden Übergangszahlen bei Erreichen der Sättigungsgrenze in jedem Fall gleich werden. Das ist aber eine ganz unhaltbare Annahme. Die Wärmeübergangszahl von Sattdampf an Wand ist nämlich bei luftfreiem Dampf im Beharrungszustand eine Wärmedurchgangszahl, die gegeben ist durch die Leitfähigkeit des Kondensats und die Dicke der Kondensatschicht. Ihre Größe ist also eine Funktion der Kondensatmenge.

Dagegen ist die Wärmeübergangszahl bei nicht kondensierendem Heißdampf an Wand wohl eine Funktion der Strömgeschwindigkeit, des Rohrdurchmessers, der Veränderung der spezifischen Wärme und der Leitfähigkeit des Dampfes über den Rohrquerschnitt, aber nicht eine Funktion der Kondensatmenge, da Kondensat garnicht entsteht. Wie sollten wohl unter diesen Umständen die beiden Wärmeübergangszahlen gleich werden, sobald sich die Dampftemperatur der Sättigungstemperatur nähert?

Damit kennzeichnet sich Hirschs Annahme als Nothypothese zu dem Zweck, den nach der alten Anschauung unvermeidlichen Sprung in der Wärmeübergangszahl zu überbrücken. Demgegenüber schließt meine Theorie des kondensierenden Heißdampfes einen Sprung — ohne Widerspruch in sich — vollkommen aus: Die Wärmeübergangszahl von Dampf an Wand nimmt mit steigender Dampftemperatur stetig zu, wenn man als Dampftemperatur dabei stets die Sättigungstemperatur des Dampfes einsetzt; die übertragene Wärmemenge nimmt ebenfalls stetig zu.

Der Widerspruch, den Hirsch in der von mir erwähnten Annahme des Nutzens der Überhitzung zu sehen glaubt, ist nicht vorhanden. Der Schwerpunkt des von ihm zitierten Satzes liegt in dem Wort „darf". Jeder Zweifel wird behoben, wenn man hinter „darf" einschaltet: „weil er durch die zu hohe Temperatur der Wand Schaden nehmen könnte". Nur die Möglichkeit der Gefährdung des Fabrikationsgutes durch zu hohe Temperaturen kann also Grund für die Sättigung des Heißdampfs vor seiner Verwendung zu Heizzwecken sein.

Dr. Stender.

Nachwort der Redaktion.

Wir veröffentlichen den vorstehenden Zuschriftenwechsel, obschon er die Streitfrage ungeklärt läßt, weil hier ein sehr wichtiges Problem angerührt wird. Die Klärung dürfte der Wissenschaftliche Beirat des Vereines deutscher Ingenieure herbeiführen, dem wir die Angelegenheit mit dem Antrag unterbreitet haben, Versuche auf unanfechtbarer Grundlage in die Wege zu leiten.

[D 754]

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 24. OKTOBER 1925 NR. 43

Die deutschen Werkstoffnormen für Stahl und Eisen.

Von Dr.-Ing. E. H. Schulz, Dortmund.

Zweckmäßigkeit und Ziel der Normung von Stahl und Eisen als Werkstoffe. Eigenart und Schwierigkeiten der Werkstoffnormung. Durchführung der Normungsarbeit für Stahl und Eisen. Kritische Betrachtung des Umfanges und Aufbaues der bislang vorliegenden Normen. Ausblick.

Rund ein Jahr ist verflossen, seitdem es gelang, nach langwieriger Arbeit, nach Überwindung so mancher großen Schwierigkeiten, die zeitweilig das Gelingen des ganzen Werkes ernstlich in Frage stellten, die erste Gruppe von Normenblättern für unsre wichtigsten Werkstoffe: Stahl und Eisen, der deutschen Industrie als vorläufig fertiges Werk zu übergeben. Das Geschaffene wurde seinerzeit an verschiedenen Stellen[1]) kurz gewürdigt, für eine umfassende Betrachtung, wie sie im folgenden versucht werden soll, erschien es zweckmäßig, erst einen gewissen Abstand in zeitlicher Beziehung zu gewinnen, wobei zugleich zu erhoffen war, daß in dieser Zeit auch Erfahrungen gesammelt werden konnten über die Einführung und Bewährung sowohl wie über etwaige Mängel des bislang Geschaffenen. Überdies gelangte inzwischen ein weiteres sehr wichtiges Blatt, das über Stahlguß, zum Abschluß, das somit in den Kreis der Betrachtungen einbezogen werden konnte.

Zweck und Ziel der Werkstoffnormung.

Für Eisen und Stahl bestanden seit langer Zeit eine große Anzahl von Gütevorschriften, sei es, daß von Verbrauchern für Einzelbestellungen oder auch laufende Lieferungen Abnahmebedingungen usw. aufgestellt wurden, sei es, daß von seiten der Erzeuger bestimmte Lieferbedingungen zusammengestellt wurden, die dann den Verbrauchern als Unterlage für Bestellungen zur Verfügung gestellt wurden. Der Verein deutscher Eisenhüttenleute als die Zusammenfassung der Erzeuger für Stahl und Eisen hatte bereits vor Jahrzehnten durch Herausgabe seiner „Vorschriften für die Lieferung von Eisen und Stahl" einen Schritt getan, der schon gewissermaßen als Vorläufer einer Normung angesprochen werden darf.

Es ist verständlich, daß diese Vorschriften, als nur von den Erzeugern aufgestellt, sich in Verbraucherkreisen nicht so allseitig einführten, wie sie dies sehr wohl verdient hätten. Anderseits aber muß auf der Seite der Verbraucher ein noch weniger glücklicher Zustand für die Vergangenheit festgestellt werden. Nicht nur einzelne Verbraucher schufen ihre Liefervorschriften fast durchweg ohne jeden Zusammenhang mit andern Gruppen, sogar die verschiedenen Behörden bildeten ihre Ansprüche durchaus einseitig nach ihren Sonderzwecken aus, ohne zu prüfen, ob nicht zum mindesten bei einigen Werkstoffarten eine Einigung mit andern Behörden oder auch andern Verbraucherkreisen möglich wäre.

Genau wie auf dem Gebiete der Konstruktionsnormung, die ja schon früher einsetzte als die der Werkstoffe, war dieser Zustand sowohl für die Erzeuger wie für die Verbraucher — zum mindesten in ihrer Gesamtheit — von Nachteil, ganz zu schweigen von den übrigen Begleiterscheinungen, die ein solcher Zustand für die Wirtschaftlichkeit der Industrie allgemein und damit für die gesamte Wirtschaft haben muß. Jeder Erzeuger war so gezwungen, eine außerordentlich große Anzahl z. T. voneinander nur wenig verschiedener Materialsorten dauernd herzustellen, was naturgemäß zu vielfachen Betriebsumstellungen führen mußte. Der Verbraucher anderseits war zu einer größeren Lagerhaltung gezwungen; immer wieder mußte man sich über die Art des Materials verständigen, die Prüfungen von neuem vornehmen usw. Endlich werden letzten Endes Verbesserungen in der Güte, die doch stets anzustreben sind, eher zu erzielen sein, wenn man sich in den verschiedenen Kreisen über die allgemeinen Grundlagen schon möglichst weitgehend geeinigt hat. So mußte vom wirtschaftlichen und technischen Standpunkt aus eine Werkstoffnormung für Eisen und Stahl Vorteile bieten, die auch ein großes Maß von Arbeit rechtfertigten.

Ziel und Zweck einer solchen Normung wurde auch schon bei der Herausgabe jener Vorschriften des Vereines deutscher Eisenhüttenleute umrissen, wenn im Vorwort zur Ausgabe 1889 gesagt wird:

„Es soll durch die Vorschriften für die Lieferung von Eisen und Stahl ein fester Halt geschaffen werden, welcher zur Erleichterung des Verkehrs zwischen Herstellern und Verbrauchern von Eisen- und Stahlmaterial dienen, und sowohl letzteren wie ersteren eine knappe Zusammenstellung der zweckdienlichen und notwendigen Erfordernisse an das gesamte Material an die Hand geben soll. Der Verein beabsichtigt dabei einerseits der Ausführung mangelhafter Lieferungen, anderseits aber auch einseitigen und übertriebenen Ansprüchen vorzubeugen."

Eigenart und Schwierigkeiten der Werkstoffnormung.

Dem Ideal einer weitgehenden Normung der Werkstoffe, insbesondere auch der Normung von Eisen und Stahl, standen jedoch, was von vornherein nicht verkannt werden darf und betont werden muß, auch nicht unerhebliche Schwierigkeiten entgegen. Bei der Schaffung der Werkstoffnormen standen sich zunächst einmal zwei ausgesprochen verschiedene Gruppen gegenüber, die, wenn auch beide an dem Zustandekommen der Normen in gleichem Maß interessiert, doch in den Einzelheiten in manchen Fällen von verschiedenen Voraussetzungen ausgehend zu verschiedener Stellungnahme, zu verschiedenen Vorschlägen und Forderungen kamen.

Während dabei auf der Seite der Erzeuger infolge ihrer Zusammenfassung im Verein deutscher Eisenhüttenleute die Verhältnisse noch einfach lagen (lediglich für Gußwerkstoff traten hier weitere Verbände hinzu), bestand eine weitere Schwierigkeit darin, daß der Verbraucherkreis sich aus Einzelgruppen zusammensetzte, die erst selbst wieder ihre Forderungen miteinander ausgleichen mußten, was in manchen Fällen keine leichte Aufgabe war.

Es darf ferner auch nicht verschwiegen werden, daß in manchen Verbraucherkreisen die Kenntnis der Werkstoffe noch nicht so ausgebildet war, wie dies für eine schnelle Verständigung zweckdienlich gewesen wäre.

[1]) s. z. B. VDI-Nachrichten 1924 Nr. 48 so vie „Stahl und Eisen" Bd. 44 (1924) S. 1519. Vergl. a. Beuth-Heft 1: Werkstoffnormen für Stahl und Eisen, Beuth-Verlag, G. m. b. H.; Berlin SW 19.

Waren die gekennzeichneten Schwierigkeiten in der Art und Zusammensetzung der beteiligten Gruppen begründet, so unterschied sich anderseits der behandelte Stoff auch als solcher grundsätzlich von der übrigen Normung, bei der es im allgemeinen um Festsetzung von Maßen ging. Es handelt sich doch in letzter Linie bei der Normung von Werkstoffen stets darum, Gütevorschriften herauszubilden. Nun werden einmal die Grenzen für die Güteklassen von Stoffen immer mindestens teilweise sehr flüssig sein, außerdem lassen sich manche sehr wesentliche Eigenschaften der Werkstoffe nur schwer, am allerwenigsten zahlenmäßig erfassen. Es sei nur auf einen Fall hingewiesen. Man kann sehr wohl für eine Güteklasse von Stahl sich über einen Höchstgehalt an Phosphor einigen, es können auch genügende Erfahrungen vorliegen, um diesen Höchstgehalt sowohl den berechtigten Forderungen der Verbraucher wie den Herstellungsmöglichkeiten der Erzeuger entsprechend festzusetzen. Aber diese Festsetzung baut sich doch auf der Voraussetzung einer gleichmäßigen Verteilung des Phosphors im Stück auf — diese Voraussetzung trifft aber bekanntlich restlos niemals zu. Die normenmäßige Erfassung eines Ungleichmäßigkeitsgrades aber ist bis auf weiteres eine Unmöglichkeit.

Auch eine gewisse Unzulänglichkeit der Prüfverfahren darf nicht außer acht gelassen werden. Es wäre zweifellos wohl als Ideal einer Normung von Stahl und Eisen anzusprechen, wenn auf Vorschriften über die chemische Zusammensetzung ganz verzichtet werden könnte; sie stellen für die Beurteilung der mechanischen Eignung, auf die es doch allein ankommt, einen Umweg — und dabei manchmal sogar einen unsicheren — dar. Die mechanischen Prüfverfahren sind aber noch nicht so entwickelt oder geeignet, daß man ganz auf diesen Umweg hätte verzichten können. Zweifellos wird außerdem in manchen Verbraucherkreisen die Bedeutung der chemischen Analyse auch noch in gewissem Maß überschätzt. Es wird zu leicht übersehen und kann gar nicht genügend betont werden, daß die mechanischen Eigenschaften außer von der chemischen Zusammensetzung auch wesentlich abhängen von der ganzen Behandlung des Werkstoffes, beginnend schon mit der Erzeugung. Und dabei sind die maßgebenden Faktoren wieder zum Teil durch den Erzeuger nicht willkürlich zu beeinflussen: Verschieden große Querschnitte eines Schmiedestückes bedingen ein verschieden starkes Durchschmieden des Gußblocks, dies aber hat auch eine unterschiedliche Ausbildung der mechanischen Eigenschaften im Gefolge. Jeder Erzeuger weiß, daß durch eine verhältnismäßig schnelle Abkühlung von Stahlgußstücken nach dem Glühen sehr hohe Kerbzähigkeit zu erzielen ist, er weiß aber auch, daß bei etwas verwickelteren Formen des Gußstückes diese für die mechanischen Eigenschaften günstige schnelle Abkühlung zu Spannungen und sogar zu Rissen führt, und für die inneren Zonen großer Gußstücke ist die günstige Abkühlgeschwindigkeit überhaupt nicht erreichbar — nur diese zwei Beispiele seien angeführt.

Einteilung der Werkstoffe.

Auf Grund aller dieser Voraussetzungen und insbesondere auch dieser Schwierigkeiten ergab sich in gewisser Weise zwangläufig einiges für die Wege, die bei der Normung von Eisen und Stahl zu gehen waren, damit wurde auch weiterhin der Aufbau der Normen zum Teil festgelegt.

Es lag an sich nahe, bei der Normung des Stahles so vorzugehen, daß die Einteilung lediglich auf Grund der Eigenschaften erfolgte, insbesondere der Festigkeitseigenschaften. Es stellte sich aber sehr bald heraus, daß dieser Weg nicht gangbar war, wenn man anders wirklich alle die Kreise und Verwendungsgebiete miterfassen wollte, deren Einbeziehung zweckmäßig war und die diese Einbeziehung auch wünschten.

Wie oben bereits bemerkt, können Stahl und Eisen durchaus nicht in ihrem gesamten Verhalten durch einfache Prüfvorschriften eindeutig bestimmt werden. Durch Unterschiede in der Herstellungsweise und in der Verarbeitung kann von zwei Stählen grundsätzlich gleicher Zusammensetzung und praktisch gleichen Festigkeitseigenschaften der eine nach der einen oder andern Richtung hin doch besondere Vorteile aufweisen, die dem andern abgehen, oder der eine mit gewissen Mängeln behaftet sein, die seine Verwendung für einen bestimmten Zweck erschweren oder gar unmöglich machen, für einen andern dagegen durchaus keine Rolle spielen.

Die hierdurch bedingten Schwierigkeiten waren nur zu überwinden, wenn man eine Einteilung der Stähle vornahm, nicht nur nach ihren Eigenschaften, sondern daneben auch nach ihrem Verwendungszweck. Und noch ein andres zwang zu dieser Art der Lösung: Die Normen mußten, wenn sie lebensfähig sein sollten, anknüpfen an schon Bestehendes; sie konnten nicht an den „gegebenen Tatsachen" der schon bestehenden Liefervorschriften und Herstellungsverfahren vorübergehen, — ihre Einführung wäre dann übermäßig erschwert worden.

Diese Überlegungen waren so wichtig, daß die Schönheitsfehler, die zweifellos durch das teilweise vorkommende Sichüberschneiden der beiden Einteilungsarten: nach Eigenschaften einmal, nach dem Verwendungszweck das andre Mal, mit in den Kauf genommen werden mußten. Immerhin kann nicht behauptet werden, daß das auf dieser Überlegung herausgebildete Normengebäude der Systematik ermangele. Die großen Gruppen sind im wesentlichen nach dem Verwendungszweck gebildet; dieser schloß in gewissen Fällen die Eigenschaften schon in sich ein, so daß sich also dann ein verhältnismäßig einfaches Normenblatt entwickeln konnte, wie z. B. dasjenige für Schraubeneisen und Nieteisen (DIN 1613). In andern Fällen dagegen war die Gruppe innerhalb des Verwendungszweckes wieder in eine Anzahl von Sorten nach Eigenschaften einzuteilen; typisch für ein derartiges Blatt ist z. B. DIN 1661: geschmiedeter Stahl, Einsatz- und Vergütungsstahl, und DIN 1681: Stahlguß.

Auch für den Gang der Verhandlungen und damit für die Fertigstellung des Normenwerkes überhaupt war jene Art der Einteilung von erheblicher Bedeutung. Ein in sich so geschlossenes und ausgeprägtes Gebiet wie das der Eisenbahn-Oberbaustoffe verlangte ja geradezu, einmal wegen seines Umfanges, zum andern auch wegen der Eigenart hinsichtlich der gesamten Verwendung und Beanspruchung, eine Sonderbehandlung, wobei gewißlich der notwendige Zusammenhang mit den anderen Gruppen gewahrt bleiben konnte und auch gewahrt blieb. Der große Stoff konnte ja überhaupt nur bewältigt werden durch die Vorarbeit mehrerer Sonderausschüsse, deren Zusammensetzung sich auf Grund der eingeschlagenen Arbeitsweise zwanglos ergab.

Nach der Übersicht über die Gruppen, die DIN 1600 gibt, ist das ganze Gebiet des Eisens und Stahls eingeteilt in neun große Gruppen, und zwar:

1. Flußstahl, allgemeiner Baustahl,
2. Flußstahl, Bleche, Rohre und dergl.,
3. Eisenbahn-Oberbaustoffe,
4. Fahrzeugbaustoffe,
5. Verschiedenes, z. B. Schweiß- und Puddelstahl,
6. Flußstahl, Sonderstahl,
7. Flußstahl, Werkzeugstahl,
8. Stahlguß,
9. Gußeisen (auch Temperguß und Roheisen).

Die ersten sieben Gruppen umfassen also den gereckten (gewalzten, geschmiedeten) Stahl, die beiden letzten den gegossenen Werkstoff.

In diesen einzelnen Gruppen, von denen jede Raum bietet für zehn Normblätter, liegen allerdings teilweise noch erhebliche Lücken im Ausbau vor[1]); so ist für Gruppe 4 und 5 überhaupt noch kein Normblatt ausgearbeitet, die Blätter für Gruppe 3 befinden sich noch in Vorbereitung, und mit der Normungsarbeit für Werkzeugstahl (Gruppe 7) ist kaum begonnen — hier sind die Schwierigkeiten zweifellos auch besonders groß.

Durchführung der Werkstoffnormung.

Das bis jetzt geschaffene Werk darf man vielleicht vergleichen mit einem noch nicht vollendeten Eisenfachwerksgebäude: Das Fachwerk steht, fest und organisch gefügt und gegliedert, die Füllung ist an vielen Stellen ausgeführt, ja, um den Vergleich noch weiter auszuspinnen, eine Reihe von Räumen ist schon benutzbar, an andern Stellen stehen aber noch leere Rahmen, an deren Füllung gearbeitet wird.

[1]) Die Normblätter können vom Beuth-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, bezogen werden.

Überblickt man den bisher fertiggestellten Teil, so lassen sich als mehr oder weniger bearbeitete Einzelgebiete allgemeinerer Art folgende herausschälen:

a) Begriffs- und Bezeichnungsbestimmungen,
b) Abmessungen und Toleranzen,
c) Vorschriften für Prüfverfahren,
d) Gütevorschriften.

In dieser Reihenfolge liegt zugleich auch die Entwicklungslinie für Werkstoffnormen, wobei das Gebiet b) „Abmessungen und Formen“ allerdings etwas aus dem Rahmen herausfällt; es stellt gewissermaßen das Übergangs- oder Grenzgebiet dar zu den übrigen Normen über Abmessungen usw., und gehört somit eigentlich nicht ganz zu den Werkstoffnormen, in denen es aber aus Zweckmäßigkeitsgründen Berücksichtigung finden mußte. Im übrigen aber war es erforderlich, sich zunächst grundsätzlich über Begriffe und Bezeichnungen zu einigen, bestand doch hier eine bedauerliche Unklarheit nach so mancher Richtung. Es war zweitens nötig, die Grundsätze der Prüfverfahren festzulegen; so wurde die Basis geschaffen, auf der die Gütevorschriften, die Werkstoffnormung im eigentlichen Sinne, sich aufbauen konnten.

Hinsichtlich der Begriffsbestimmungen hat der Normenausschuß vor allem einen bedeutsamen Schritt getan, dessen Für und Wider seit Jahrzehnten schon Gegenstand der Beratung verschiedener Kreise war. Im Gegensatz zum Ausland unterschieden wir in Deutschland beim schmiedbaren Eisen zwei Sorten: Stahl im engeren Sinn — ursprünglich das härtbare schmiedbare Eisen — und Flußeisen (oder auch Schmiedeisen) als das weiche schmiedbare Eisen. Diese Unterteilung und diese beiden Bezeichnungen, überkommen aus einer technisch noch unentwickelten Zeit, waren für die heutigen Verhältnisse mehr „eine schwere Last“ als ein Hilfsmittel. Schon beim Kohlenstoffstahl, erst recht beim legierten Stahl, war die Grenze sehr flüssig, und eine spätere Festsetzung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfung der Technik war so willkürlich, daß auch sie über die Schwierigkeiten nicht hinweg half. Hier hat der Normenausschuß den scharfen Schnitt getan, der allein befriedigen konnte: „Alles schon ohne Nachbehandlung schmiedbare Eisen soll in Zukunft als Stahl bezeichnet werden.“ Dies gilt sowohl für den im flüssigen Zustande gewonnenen Werkstoff: Flußstahl, wie für den im teigigen Zustand gewonnenen Schweiß- oder Puddelstahl. Damit ist auch die für die Normen nicht außer acht zu lassende Übereinstimmung mit den in Betracht kommenden Bezeichnungen im Ausland erreicht (steel, acier).

In diesem Punkt waren die Erzeuger und die Verbraucher im eigentlichen Sinn ohne große Schwierigkeiten zur Einigung zu bringen; die nicht unberechtigten Bedenken bezogen sich auf die Schwierigkeiten, die durch die im Handel eingebürgerten und dort nicht ohne weiteres oder in kurzer Zeit auszurottenden Begriffe entstehen würden. Hier erschien ein Zugeständnis erforderlich, wenn es auch zweifellos als störend empfunden werden muß: Bezeichnungen wie I-Eisen, Schraubeneisen, Eisenblech usw. mußten noch als zulässig erklärt werden. Der Werkstoff als solcher heißt aber Flußstahl.

DIN 1600, das erste der ganzen Reihe, gibt die Erläuterungen über die Markenbezeichnungen, die sich aus dem Aufbau der Normenblätter für die Zukunft ergeben. Zunächst sind große Beziehungsgruppen in Buchstaben geschaffen, von denen sich bereits in Normblättern finden (oder vorgesehen sind):

St für Flußstahl,
Stg „ Stahlguß,
Ge „ Gußeisen,
Te „ Temperguß.

Hier wird also die Artbestimmung gegeben. Anschließend kennzeichnet eine Zifferngruppe genauer die Art des Stahles — in den meisten Normblättern durch die Zugfestigkeit —, und zwar ist die Mindestgrenze für diese eingesetzt.

Endlich gibt eine zweite Zifferngruppe das Normblatt im einzelnen an, aus dem die weiteren Angaben über den betreffenden Werkstoff zu entnehmen sind; da sämtliche Nummern der Normblätter für Eisen und Stahl als die beiden ersten Ziffern 16 . . haben, so sind nur die beiden folgenden Ziffern (Zehner und Einer) des Blattes als Angabe nötig. Zumal die einzelnen Normblätter meist den Verwendungszweck und die für diesen gültigen Sonderbestimmungen enthalten, kennzeichnet also eine knappe Buchstaben- und Ziffernzusammenstellung, z. B. Nieteisen 22 ∅ St 34 · (16)13, einen Stahl in weitgehender unmißverständlicher Weise. Zusätze für besondere Fälle, wie z. B. der Zustand für geschmiedeten Stahl: „geglüht“, „vergütet“ usw. oder auch — ausnahmsweise! — für die Herstellungsart lassen sich zwanglos anfügen.

Die Blätter 1602 bis 1605 geben die Unterlagen für die Werkstoffprüfung. Hier hatte der Deutsche Verband für die Materialprüfung der Technik bereits wertvolle Vorarbeit geleistet und wirkte auch noch besonders mit. An erster Stelle ist die Festlegung der Begriffe für die Festigkeitsversuche (DIN 1602) zu begrüßen. In DIN 1603 sind die allgemeinen Grundsätze für die Prüfung und Abnahme zusammengefaßt. Der erste Eindruck dieses Blattes ist vielleicht der, daß es einige Selbstverständlichkeiten enthält und daß reichlich oft die Möglichkeit von Ausnahmen von den niedergelegten Regeln vermerkt wird. Gerade aber die Kreise, die im Prüf- und Abnahmewesen tätig sind oder ihm besonders nahe stehen, werden die große Bedeutung dieses Blattes zu würdigen wissen. Daß Sondervereinbarungen die Regeln durchbrechen dürfen, ist dabei eine Notwendigkeit, die sich aus der Vielseitigkeit und dem „Leben“ der Werkstoffe ergibt; ohne diese Möglichkeit würden die Normen für alle Beteiligten eine Zwangsjacke werden.

Als bedeutender Fortschritt ist aber zu verzeichnen, daß eine Anzahl von Bestimmungen als Grundregeln festgelegt sind, die bisher in dieser Form noch nicht fest vereinbart und daher doch von Fall zu Fall anfechtbar waren oder zum Streitgegenstand gemacht werden konnten. Es kann nicht verkannt werden, daß sich nach einem „Einlaufen“ des bislang Festgelegten hier noch Möglichkeiten für einen weiteren Ausbau ergeben. Sache der näher beteiligten Stellen wäre es, auf Grund der Erfahrungen dahingehende Vorschläge zu machen.

In kurzer Form bringt weiter DIN 1604 die Richtlinien für die Prüfung der Maschinen und Apparate für die Abnahmeversuche; für das Blatt gilt sinngemäß das eben Ausgeführte.

Die Versuche für die Prüfung selbst behandelt DIN 1605, und zwar den Zugversuch, den Kugeldruckversuch nach Brinell, den Faltversuch (oder die Biegeprobe), den Rotbruchversuch und den Schweißversuch. Es liegt auf der Hand, daß die Angaben zu den beiden letzteren, technologischen Proben nur sehr kurz und allgemein gehalten werden konnten; Sache der Materialprüfung wäre es, hier durch weitere Forschung gegebenenfalls noch neue Wege zu finden, um eine schärfere Fassung zu ermöglichen. Formvollendet sind die Bestimmungen über den Zugversuch. Auch der Kugeldruckversuch nach Brinell und der Faltversuch (Biegeversuch) sind erschöpfend behandelt.

Die teilweise recht schwierigen Beratungen über die Normblätter „Geschmiedeter Stahl“ ließen es erforderlich erscheinen, zu diesen Blättern eine Reihe von Erläuterungen zu geben. Ihre Abfassung war keine leichte Aufgabe. Selbstverständlich mußten einerseits auch diese Ausführungen sich einer gewissen Kürze befleißigen, damit nicht etwa der Umfang eines kleinen Buches allein für dieses Blatt herauskam. Anderseits waren aber gerade hier viele Feststellungen und Einzelwünsche vorhanden und auch zu berücksichtigen. Wenngleich somit auch in einzelnen Punkten die eine oder die andre beteiligte Gruppe eine andre Fassung gewünscht hätte, so darf doch als Gesamturteil ausgesprochen werden, daß dieses Blatt eine überaus zweckmäßige Vervollständigung der Normen darstellt. Es gilt hier ganz besonders das, was überhaupt Vorbedingung für die Arbeit mit den Normen ist: die Benutzung des Blattes setzt gewisse Sachkenntnis auf dem in Frage stehenden Gebiet voraus: man möchte sagen, daß dies Blatt in der Hand eines guten Ingenieurs ein recht gutes Merkblatt, in der Hand eines schlechten Ingenieurs dagegen ein sehr mangelhaftes Blatt darstellt.

In der Gruppe „Flußstahl, allgemeiner Baustahl“, für die die Normblätter 1610 bis 1619 vorbehalten

sind, liegen drei Blätter fertig vor: DIN 1611 bis 1613. Die darin aufgeführten Sorten umfassen im wesentlichen handelsübliches Material, wobei jedoch in allen Fällen eine Einteilung in verschiedene Güteklassen vorgenommen wurde in der Weise, daß einerseits eine Klasse eingeführt wurde, für die mechanische Eigenschaften ziffernmäßig nicht vorgeschrieben wurden, während für eine zweite Klasse bestimmte Festigkeitseigenschaften gefordert werden. Es ist inzwischen der Wunsch ausgesprochen worden, diese drei Blätter, wenigstens aber 1611 und 1612, in der Form noch mehr aufeinander abzustimmen[1]), hierüber ist weiter unten noch zu sprechen.

DIN 1611 behandelt den geschmiedeten Stahl. Es muß zugegeben werden, daß gleich hier ein Schönheitsfehler vorliegt, insofern, als eine der ersten Bemerkungen sagt, daß das Blatt auch für gewalzte Stähle gilt. Immerhin war es schwierig, gerade für diese Gruppe eine bessere Überschrift zu finden; es handelt sich in diesem Blatt eben um den früher stets auch als geschmiedeten Stahl bezeichneten Werkstoff, wie er im Maschinenbau benutzt wird, sei es, daß er bereits in der zu verwendenden Form fertig geschmiedet vorliegt, oder aber daß er vom Hüttenwerke in Stabform — vielfach also gewalzt — bezogen wird. Im Gegensatz zum höherwertigen, geschmiedeten Stahl, der in DIN 1661 behandelt wird und in die Gruppe der Sonderstähle gehört (größere Reinheit, besondere Vorschriften über die Eigenschaften in vergütetem Zustand usw.), wird der hier besprochene Stahl als „Regelstahl" bezeichnet.

Die erste Gruppe enthält zwei Marken, von denen für die erste St 00.11 nur vorgeschrieben ist, daß der Werkstoff weder kalt- noch rotbrüchig sein soll, es handelt sich also hier um das frühere gewöhnliche Handelsflußeisen. Die zweite Marke St 37.11, für die nur Zugfestigkeit und Dehnung vorgeschrieben sind, ist als das im normalen Stahlwerkgroßbetrieb laufend hergestellte „Flußeisen" anzusprechen, es entspricht auch in seinen Eigenschaften dem Stahl St 37.12 von DIN 1612 (Formeisen, Stabeisen, Universaleisen).

Eine zweite Gruppe von DIN 1611 bringt eine Staffelung der geschmiedeten Stähle als Regelstähle; es wird hier jedoch eine Höchstgrenze für Schwefel- und Phosphorgehalt festgesetzt (jedes nicht über 0,06, zusammen nicht über 0,1 vH). Den hier zusammengestellten Marken entsprechen grundsätzlich die Marken in Sondergüte von DIN 1612.

Beanstandet ist worden, daß ein Unterschied in der Behandlung vorliegt[1]): beim geschmiedeten Stahl sind Bedingungen über den Reinheitsgrad aufgenommen, die in DIN 1612 fehlen. Diese Kritik dürfte aber doch wohl nicht berechtigt sein, wenn man Rücksicht nimmt auf die vorliegenden Tatsachen. Beim geschmiedeten Stahl nach DIN 1611 spielen die Verunreinigungen an Schwefel und Phosphor eine wesentlichere Rolle, weil dieser Stahl in viel größerer Menge einer Weiterverarbeitung beim Verbraucher unterliegt als Formeisen und Stabeisen. Die Verbraucher verlangten daher die Reinheitsbestimmungen beim geschmiedeten Stahl, anderseits konnten aber bei Form- und Stabeisen Vorschriften über den Reinheitsgrad nicht aufgenommen werden (auch nicht bei der Sondergüte, die dem Regelstahl *B* entspricht), weil Form- und Stabeisen einmal bislang nie als mit Reinheitsvorschriften gehandelt worden sind, weil weiterhin beim Thomasmaterial zweifellos die Innehaltung der Phosphorgrenze, die beim Regelstahl *B* nach DIN 1611 vorgeschrieben ist, nicht mehr mit Sicherheit wird eingehalten werden können, ohne daß aber hierdurch Form- und Stabeisen in ihren Güteeigenschaften beeinflußt würden.

Für den Regelstahl *B* sind in DIN 1611 auch noch die ungefähren Kohlenstoffgehalte — allerdings als für die Abnahme nicht bindend — mit aufgenommen worden. Diese Festlegung geschah auf Wunsch der Verbraucher, einen besonderen Zweck hat sie nicht. Eine schärfere Festsetzung wäre aber wieder für die Erzeuger nicht tragbar gewesen.

Eine besondere Schwierigkeit trat beim geschmiedeten Stahl noch auf hinsichtlich der Festlegung des Zustandes, für den die vorgeschriebenen Festigkeitseigenschaften gelten sollen. Den Wünschen der Erzeuger hätte es entsprochen, den Walz- oder Schmiedezustand zugrunde zu legen, da immerhin namhafte Mengen dieses Stahles vor der Ablieferung einer Glühung nicht unterzogen werden. Anderseits kann der Stellungnahme der Verbraucher nicht ihre Berechtigung abgesprochen werden, die verlangten, daß die Festigkeitseigenschaften sich beziehen sollten auf den „normalisierten", also ausgeglühten Zustand. Dieser ist auch in dem Normblatt zugrunde gelegt, wobei aber darauf hingewiesen wird, daß im gut durchgewalzten oder gut durchgeschmiedeten nichtgeglühten Ausgangwerkstoff etwa die gleichen Eigenschaften vorhanden sein sollen, eine Vorschrift, die in gewisser Weise den Hüttenwerken eine besondere Sorgfalt für das Ausschmieden bzw. Auswalzen dieses Werkstoffes auferlegt.

Es ist zu begrüßen, daß man sich darüber einig geworden ist, Vorschriften für die Analysenverfahren nicht in die Normen aufzunehmen, da diese sich in einer dauernden Fortentwicklung befinden und daher wohl häufig Abänderungen verlangen würden. Sehr zweckmäßig ist aber dazu empfohlen worden, für strittige Fälle die vom Chemikerausschuß des Vereins deutscher Eisenhüttenleute ausgearbeiteten Analysenverfahren anzuwenden, die wohl das Beste darstellen, was wir auf diesem Gebiete besitzen.

Auf einen sehr wichtigen Satz muß in diesem Zusammenhang noch hingewiesen werden, wonach in Sonderfällen der Verwendungszweck anzugeben ist. Es würde im beiderseitigen Interesse sowohl der Verbraucher wie der Erzeuger liegen, wenn dieser Satz weitestmögliche Beachtung fände; es dürfte wünschenswert sein, daß man sogar über diese Vorschriften hinausginge und nicht nur in Sonderfällen, sondern immer dann, wenn überhaupt eine ausgeprägte Verwendung für eine Lieferung in Aussicht genommen ist, diese dem Lieferer angeben würde.

Wie bereits mehrfach erwähnt, hängt DIN 1612 (Flußstahl gewalzt, Formeisen, Stabeisen, Breiteisen, Universaleisen) innerlich weitgehend mit DIN 1611 zusammen. Auch hier findet sich die dreifache Staffelung: Der Stahl ohne Vorschriften über mechanische Eigenschaften, lediglich gekennzeichnet als nicht kalt- und rotbrüchig, dann weiterhin St 37.12, die Normalgüte, bei der Bestimmungen über Zugfestigkeit, Dehnung und den Faltversuch vorliegen. Endlich sind noch drei Werkstoffe in „Sondergüte" aufgeführt, deren Festigkeitseigenschaften sich von denen der Normalgüte unterscheiden: St 34.12 hat etwas geringere Zugfestigkeit, aber erheblich höhere Dehnung, während St 42.12 und St 44.12 neben erheblich höherer Festigkeit noch sehr hohe Dehnungen verlangen.

Die geäußerten Wünsche, DIN 1612 mit dem in mancher Beziehung ähnlichen DIN 1611 zu vereinigen, stoßen auf Schwierigkeiten, die man nicht übersehen darf. Bei DIN 1612 mußte für die verschieden stark heruntergewalzten Querschnitte die Dehnung gestaffelt werden, in der Weise, daß für geringe Probendicken — unter 8 mm — geringere Mindestdehnungen zugelassen werden. Für geschmiedeten Stahl kommen diese Probendicken nicht in Betracht, es würde schon deshalb also ein aus DIN 1611 und 1612 zusammengesetztes Normblatt etwas an Übersichtlichkeit verloren haben. Dazu kommt, daß auch die Verbraucherkreise sich über die Staffelung bislang nicht vollständig einigen konnten; für St 44.12 mit 44 bis 52 kg/mm² lag z. B. bei DIN 1611 ein Bedürfnis nicht vor. Darüber hinaus findet sich in DIN 1612 gerade zum St 44.12 noch eine Anmerkung, wonach für Kupplungsteile zu Eisenbahnfahrzeugen die Zugfestigkeit 45 bis 52 kg/mm² betragen soll; die Vertreter der Eisenbahnverwaltung glaubten auf dieses eine Kilogramm mehr in der Mindestzugfestigkeit nicht verzichten zu können.

Auch die Vorschriften über Prüfung und Abnahme sowie über Maß- und Gewichtabweichungen, die DIN 1612 enthält, waren für geschmiedeten Stahl mehr oder weniger gegenstandslos. Daher muß die Trennung dieser beiden Blätter doch wohl als die zweckmäßigere Lösung bezeichnet werden.

DIN 1613 behandelt Schrauben- und Nieteisen, wobei zwei Marken unterschieden werden, beide gekennzeichnet durch Festigkeitseigenschaften und Faltver-

[1]) Franz und Gräfe, „Werkstattstechnik" Bd. 19 (1925) S. 330.

such, wozu bei der zweiten Marke (Nieteisen) noch der Stauchversuch tritt. Auch hier war eine Festlegung der Festigkeitseigenschaften in Übereinstimmung mit DIN 1612 und 1611 leider nicht zu erreichen, insofern, als auch für St 38.13: „Schraubeneisen", die Mindestzugfestigkeit auf 38 kg/mm² festgesetzt werden mußte, gegen 37 bei den diesen Werkstoffen entsprechenden Stahlsorten der beiden andern Normblätter. Dagegen entspricht St 34.13: „Nieteisen und Sondergüte weiches Schraubeneisen", in seinen Eigenschaften dem St 34.12. Hier sollte man vielleicht doch erwägen, ob nicht eine weitere Ausgleichung von 1612 und 1613 durchzuführen wäre.

Von der zweiten großen Gruppe „Flußstahl, Bleche, Rohre und dergl." liegen fertig vor die beiden ersten Blätter, DIN 1620 „Flußstahl gewalzt, Eisenbleche allgemeines" und DIN 1621 „Flußstahl gewalzt, Eisenbleche Gütevorschriften", die beide früher bereits unter andrer Nummer (1541 und 1544) erschienen waren. DIN 1620 gibt eine Einteilung und Begriffsbestimmung für Eisenbleche; die hier getroffenen Bestimmungen bedeuten im wesentlichen die Festlegung bereits anerkannten Gebrauches. Bei den Gütevorschriften ist wieder verfahren wie bei den oben besprochenen Blättern, insofern, als die Klasse gewöhnlicher Handelsware, bezeichnet als St 00.21, ohne Gütezahlen vorkommt, während für die zweite Gruppe (Baubleche) wieder Zugfestigkeit, Dehnung und Faltversuch vorgeschrieben sind. Die beiden hier aufgeführten Marken entsprechen auch den Stahlsorten der übrigen Normblätter: St 37.21 mit 37 bis 45 und St 42.21 mit 42 bis 50 kg/mm² Zugfestigkeit. Allerdings sind die Dehnungen für die Bleche niedriger angesetzt als für Schmiedestahl und Formeisen, wie dies in der Natur der Sache liegt.

Die Normblätter für die dritte Gruppe „Eisenbahn-Oberbaustoffe" sind noch nicht erschienen. Immerhin ist hierzu festzustellen, daß sich die in Aussicht genommenen Markenbezeichnungen mit ihren Festigkeitsbestimmungen dem schon bestehenden Rahmen durchaus anpassen, dasselbe gilt für die in Vorbereitung befindlichen beiden Blätter der Gruppe 4 „Fahrzeugbaustoffe".

In Gruppe 6 „Sonderstahl" gelang es, ein sehr umfassendes, für den Maschinenbau bedeutsames Blatt auszuarbeiten, daß in seinem Charakter einen weiteren Ausbau des Blattes 1611 „Geschmiedeter Stahl" darstellt. DIN 1661 behandelt ebenfalls geschmiedeten Stahl, und zwar auch unlegierten, jedoch im Gegensatz zu 1611 einen höheren Gütegrad, der gekennzeichnet ist durch höheren Reinheitsgrad, Festsetzungen über die chemische Zusammensetzung, ziffernmäßige Festlegung der Streckgrenze, höhere Dehnung für gleiche Zugfestigkeit, Festsetzung von Festigkeitswerten auch für den vergüteten Zustand, soweit dieser in Betracht kommt. Einteilung und Aufbau des Blattes in Einsatzstahl: zwei Sorten mit 38 bzw. 42 kg/mm² mittlerer Zugfestigkeit, und Vergütungsstahl mit den Festigkeitsgruppen 42 bis 50, 50 bis 60, 60 bis 70 und 70 bis 85 kg/mm² sind durchaus zweckentsprechend, und die weiteren Vorschriften werden den Interessen sowohl der Erzeuger wie der Verbraucher gerecht, wenigstens wenn bei der Verwendung des Blattes auch stets die fachliche und sachliche Kenntnis und Einsicht vorhanden ist.

Die besondere Eigenart der Stähle dieser Gruppe ließ es teilweise den bearbeitenden Stellen erwünscht erscheinen, auch in der Bezeichnung diesen Sondercharakter zum Ausdruck zu bringen: es wurde daher von dem sonst durchgeführten Grundsatz abgegangen, daß die Markenbezeichnung die (Mindest-)Zugfestigkeit als erstes Ziffernpaar enthält, an ihre Stelle trat als Ziffer der mittlere Kohlenstoffgehalt, vervielfacht mit 100 und vorgesetztem „C". Es bezeichnet somit St C 25.61 einen Stahl mit etwa 0,25 vH Kohlenstoff; für diesen Stahl ist im geglühten Zustand eine Festigkeit von 42 bis 50 kg/mm² vorgeschrieben, er hätte somit, wenn die Analogie gewahrt geblieben wäre, die Bezeichnung St 42.61 erhalten. Zweifellos ist zu bedauern, daß es nicht gelang, den sonst geltenden Grundsatz der Bezeichnung auch hier anzuwenden, was auch deshalb wohl das richtigere gewesen wäre, weil sowohl in Erzeuger- wie in Verbraucherkreisen und auch in den Beziehungen von einem zum andern die Festigkeitseigenschaften in den weitaus meisten Fällen in erster Linie festgesetzt werden. Außerdem sind im Normenblatt selbst die Festigkeitsziffern eindeutig festgelegt, während der Kohlenstoffgehalt nur mit „etwa 0,25" usw. genormt werden konnte. Auch hier wird, wenn sich erst einmal die Anwendung der Normen selbst fester eingeführt hat, eine Neuprüfung am Platze sein.

Als sehr wohl gelungenes Blatt liegt schließlich aus der Gruppe 8 „Stahlguß" DIN 1681 vor, das in knapper, aber erschöpfender Form die Begriffe, Güteklassen und die besondere Prüfung dieses Baustoffes behandelt. Hier bauen sich die Güteklassen wieder naturgemäß auf den Festigkeitswerten auf, wobei der Elektromaschinenbau dadurch die erforderliche Berücksichtigung erfuhr, daß für Stg 38.81 und Stg 45.81 je eine Sonderklasse eingeführt wurde, für die auch die magnetische Induktion festgelegt und in der Bezeichnung durch ein angehängtes „D" (Stg 38.81 D) zum Ausdruck gebracht ist. Eine weitere besondere, sich nicht ganz in die sonstige Staffelung einpassende Güte mußte eingefügt werden für den Lokomotiv- und Wagenbau als St 50.81 R. Außerdem mußte ein Hinweis aufgenommen werden, nach dem der Werkstoff für Schiffbau Sonderbestimmungen unterliegt.

Übersicht.

Die Aufstellung innerhalb der einzelnen Gruppen und der einzelnen Blätter weist, was hervorgehoben werden muß, in allen bislang vorliegenden Blättern das einheitliche Streben auf, vier Güteklassen oder auch Sorten zu schaffen, wobei allerdings nicht in jeder Gruppe alle vier Klassen vertreten zu sein brauchen. Es sind unterschieden:

a) Eine niedrigste Güteklasse, bei der weder Festigkeitswerte noch Zahlen über die chemische Zusammensetzung festgelegt sind; verlangt wird nur, daß der Werkstoff weder rot- noch kaltbrüchig ist, es handelt sich also um gewöhnliches Flußeisen; dieser Werkstoff findet sich als St 00.11 beim geschmiedeten Stahl, St 00.12 bei Formeisen, Stabeisen usw. und als St 00.21 bei Blechen.

b) Normenstahl mit Festsetzung der Zugfestigkeit und Dehnung grundsätzlich der Art des früher als Flußeisen bezeichneten Werkstoffes mit Festigkeitsvorschrift. Dies sind durchweg Sorten, bei denen als Mindestzugfestigkeit 37 oder 38 kg/mm² vorgeschrieben ist; die Vertreter dieser Gruppe sind St 37.11 (geschmiedeter Stahl), St 37.12 (Formeisen usw.), St 38.13 (Schraubeneisen), St 37.21 (Baubleche) und St 38.81 (Stahlguß). In der Gruppe 3, Eisenbahnoberbaustoffe, wird in diese Klasse einzureihen sein der Werkstoff für Schwellen, Kleineisenzeug und Weichenplatten, durchweg mit 37 kg/mm² Mindest-Zugfestigkeit.

c) Stähle höherer, teilweise auch geringerer Festigkeit als unter b), ohne daß aber über die Festigkeitsvorschriften sehr weit hinausgehende weitere Festsetzungen gemacht wurden. Hierher gehören die Gruppe B des geschmiedeten Stahles DIN 1611, die drei Sondergüten St. 34.12, 42.12 und 44.12 des Form- usw. Eisens, St 34.13 (Nieteisen und Sondergüte weiches Schraubeneisen), die Baubleche II als St 42.21 und endlich die Güteklassen des Stahlgusses außer Stg 38.81 und denen ohne besondre Vorschriften hinsichtlich der magnetischen Eigenschaften. Einfügen werden sich ferner in diese Klasse aus der Gruppe der Eisenbahnoberbaustoffe (Gruppe 3) Schienen und Radlenker mit 60 kg/mm² Zugfestigkeit und die Achsen und Radreifen aus Gruppe 4 (Fahrzeugbaustoffe).

d) Endlich findet sich eine vierte Güteklasse, bei der außer den Festigkeitseigenschaften im angelieferten (oder geglühten) Zustande noch weitere Festsetzungen getroffen sind, die die Eignung für bestimmte Zwecke bzw. die Erfüllung von Sonderanforderungen gewährleisten sollen und bei denen teilweise auch eine ausgesprochene höhere Wertigkeit vorliegt. Hierher gehören die Stähle des Blattes 1661 (Einsatz- und Vergütungsstahl) sowie die Stahlgußsorten Stg 38.81 D und Stg 45.81 D für den Elektromaschinenbau. Sollte es gelingen, auch Normen zu schaffen für die legierten Baustähle sowie für den Werkzeugstahl, so würden diese sich auch hier einfügen.

Es liegt also durchaus ein systematischer Aufbau hinsichtlich der Güteklassen vor; allerdings zeigt eine Durchprüfung des Aufbaues nach dieser Gruppierung auch noch Unebenheiten oder Schönheitsfehler, die aber teilweise

begründet sind in der Anknüpfung an und dem Aufbau auf bestehende Verhältnisse, so wenn der Stahl der Klasse b) einmal als „Regelstahl" (DIN 1611), das andre Mal als „Sondergüte" (DIN 1612) bezeichnet ist. Zu bedauern ist, daß es nicht gelang, in diesen Gruppen einheitlich 37 oder 38 kg/mm² als verlangte Mindestbruchgrenze festzulegen. Hier muß darauf gehofft werden, daß durch die Einführung der Normen und die Erziehung durch sie noch manches ausgeglichen wird, was heute noch nicht erreicht werden konnte.

Zukünftige Arbeiten.

Wie bereits mehrfach erwähnt, weist das Normenwerk für Stahl und Eisen erhebliche Lücken auf, selbst wenn man annimmt, daß die zurzeit noch in Arbeit befindliche Behandlung einiger Blätter, insbesondre der Gruppen 3 und 4, zu einem baldigen günstigen Abschluß kommt. Gerade bei den erwähnten Gruppen ist diese Annahme wohl berechtigt, passen sich doch diese Gebiete ziemlich gut den bereits fertig bearbeiteten an. Auch an allen übrigen Stellen, wo es sich um unlegierte Baustähle handelt, werden sich unüberwindliche Schwierigkeiten wohl nicht einstellen.

Es wurde aber oben bereits angedeutet, daß sich der höchstwertige der bislang behandelten Stoffe, der von DIN 1661, als besonders spröde erwies; ganz naturgemäß machen sich wohl alle eingangs skizzierten Schwierigkeiten der Werkstoffnormung um so mehr bemerkbar, je höherwertig der betreffende Werkstoff ist. Wenn daher von mancher Seite die intensive Inangriffnahme der Normen für legierte Baustähle sowie für Werkzeugstähle gefordert wird, so ist zwar durchaus anzuerkennen, daß man bei dem Geschaffenen nicht stehen bleiben und vor dem noch zu Schaffenden nicht zurückschrecken soll, jedoch darf auch nicht verkannt werden, daß die Normung dieser hochwertigen Stahlarten eine Aufgabe darstellt, deren Lösung nur sehr vorsichtig erfolgen kann, wenn das zu Schaffende zweckdienlich sein soll. Die Erfassung der hochwertigen Werkstoffe durch Vorschriften gerade durch die dazu berufenen Materialprüfer ist häufig fast eine unlösbare Aufgabe eben infolge der Tatsache, daß wir die einzelnen Faktoren für die Bewährung des Werkstoffes im praktischen Gebrauch noch nicht in allen ihren Einzelheiten so klar erkennen können, wie dies für eine Normungsarbeit unerläßlich sein dürfte.

Fast erscheint es im Augenblick als wichtigere Aufgabe, erst einmal dafür zu sorgen, daß die bestehenden Normen eingeführt, und zwar richtig eingeführt werden. Normen bringen gewisse Umstellungen mit sich, Umstellungen sind aber Beunruhigungen; es ist besser, diese nicht mit einem Male zu groß werden zu lassen. Gerade die Frage der richtigen Anwendung spielt auch eine erhebliche Rolle. Hier ist eines zu betonen: Gewiß dürfen und sollen die Normen nicht hemmend wirken — das wäre ja die Verkehrung ihres Zweckes in das Gegenteil —, aber man sollte sich auf beiden Seiten, bei Erzeugern wie bei Verbrauchern, dessen bewußt sein, daß man die Normenforderungen überschreitet, wenn man für einen in den Normen gekennzeichneten Stahl noch weitere Forderungen, die nicht in den Normen enthalten sind, aufstellt. Und weiterhin muß es als Aufgabe aller beteiligten Kreise hervorgehoben werden, mitzuarbeiten bei der immer wieder erforderlichen Prüfung der Normen, wobei insbesondre das Ziel einer noch weiteren Vereinheitlichung und Vereinfachung nicht aus dem Auge verloren werden sollte. Daß solche Möglichkeiten noch bestehen, erscheint gewiß.

Oberster Grundsatz aber sollte sein für die deutsche Industrie: Anwendung der Normen überall da, wo diese Anwendung möglich ist. Es wäre vor allem sehr zu begrüßen, wenn an allen Stellen, wo dies angängig ist, die privaten Markenbezeichnungen und sogenannten Hausnormen den bislang geschaffenen des NDI Platz machten. Je mehr sich die geschaffenen Normen einbürgern und Allgemeingut unsrer Technik werden, desto eher und leichter wird es auch möglich sein, das Normenwerk fortzusetzen und die noch vorhandenen Lücken auszufüllen.

Besonders auch Aufgabe des technologischen Unterrichts an unsern Hochschulen und technischen Mittelschulen ist es, die Studierenden und Schüler auf das innigste mit den Werkstoffnormen vertraut zu machen. Wird es vielleicht für die ältere Generation manchmal etwas schwierig sein, sich in die neuen Formen einzuarbeiten, unser Nachwuchs sollte sie als die natürlichen empfinden und beherrschen zum Vorteil für sich selbst und noch mehr für das, was sie schaffen sollen. [B 935]

Über die Festigkeitsprüfung von Schweißungen.

Bei der Schmelzschweißung ist man auch heute noch sehr von der Geschicklichkeit des Schweißers abhängig. Um so mehr ist es von Wichtigkeit, Prüfverfahren zu finden, die uns Gewähr für die Sicherheit der Schweißen geben. Die bei einheitlichen Stoffen bewährten Verfahren lassen sich nicht ohne weiteres auf Proben aus verschiedenartigen Stoffen anwenden, wie dies geschweißte Proben sind.

Dr.-Ing. Mies [1]) hat nun eingehende Versuche an Probestücken gemacht, die in der bei einheitlichen Stoffen üblichen Weise aus Blechen geschnitten und mittels Nahtschweißung verbunden waren. Der Verfasser gibt nun Anregungen zur Durchführung von Zerreißversuchen quer und längs der Schweißnaht, ferner für Dehnungsmessungen und Kaltbiegeversuche.

Bezüglich der Zerreißversuche quer zur Naht wird gezeigt, daß man ganz verschieden vorgehen muß, je nach dem Zweck, den man verfolgt. Will man die eigentliche Festigkeit der Verbindungskonstruktion ermitteln, so wird man die Naht unbearbeitet, gegebenenfalls mit Wulst bestehen lassen; will man dagegen zu Vergleichzwecken das Nahtmaterial selbst untersuchen, so muß der Nahtwulst auf Blechdicke bearbeitet werden. Man wird sogar gut tun, den Probestab an der Nahtstelle zu verjüngen, um beim Zerreißversuch den Bruch in der Naht selbst und nicht im Ursprungsmaterial zu erhalten. Der Verfasser gibt dann auch Wege an, wie diese Versuche zweckmäßig auszuwerten sind, insbesondere um festzustellen, in welchem Verhältnis die Festigkeit der Naht zu der des Blechmaterials steht.

Große Schwierigkeit bieten die Dehnungsmessungen beim Zerreißversuch quer zur Schweißnaht. Beim Zerreißstab aus einheitlichem Baustoff mißt man die mittlere Dehnung über die ganze Meßlänge. Bei einem zusammengeschweißten Zerreißstab hat dies so gut wie gar keinen Wert, da sich die aufeinanderfolgenden Zonen, das ist Ursprungsblech, Übergang vom Blech zur Schweiße, Schweiße, Übergang von Schweiße zum Blech und schließlich wieder Ursprungsblech ganz verschieden verhalten, zumal wenn der Bruch einmal in das Ursprungsblech, ein andermal in die Schweiße oder in die Übergangszone fällt.

Die Versuche, die Mies in dieser Hinsicht angestellt hat und in der Abhandlung mitteilt, sowie die Art und Weise ihrer Auswertung geben wertvolle Anregungen, auf denen zur endgültigen Lösung dieser außerordentlich schwierigen Frage weiter gearbeitet werden kann. Der Zerreißversuch längs der Naht ist mehr eine Güteprüfung für die Schweißung und wird nicht die Bedeutung der Zerreißversuche quer zur Naht bekommen.

Beachtenswert ist beim Kaltbiegeversuch die Feststellung, daß der Biegeversuch, der heute vielfach Abnahmebedingungen zugrunde gelegt wird, nur dann Zweck hat, wenn die Schweißung zäh ist, da nur dann die Naht sich um den Dorn biegt, während der übrige Stabteil gerade bleibt. In allen Fällen, wo das Stabmaterial dehnbarer als die Naht ist, wird sich dieses biegen, während die Naht mehr oder weniger gerade bleibt. Man muß dann zur Feststellung der Biegegröße greifen. Auch hierfür gibt der Verfasser wertvolle Richtlinien.

Auf die Versuche am fertigen Stück ohne dessen Zerstörung geht der Verfasser nicht ein, weil diese zu vielseitig sind und dem jeweiligen Zweck angepaßt werden müssen. Auch die Prüfung durch Schliffe und Ätzversuche behandelt er hier nicht. Diese werden die Metallographen noch beschäftigen.

Jedenfalls stellt die Arbeit aber einen großen Fortschritt auf dem Gebiete der Festigkeitsprüfungen geschweißter Stäbe dar.

Wittenberge. [N 779] Bardtke.

[1]) „Die Schmelzschweißung" Bd. 4 (1925) S. 83; vergl. auch Z. Bd. 69 (1925) S. 1168.

2D1-Heißdampf-Vierzylinder-Verbund-Schnellzuglokomotive der spanischen Nordbahn.

Berichtigung. In dem Aufsatz in Nr. 40, S. 1271 muß die Unterschrift unter Abb. 15 lauten: Feuerbüchse. Auf S. 1271, linke Spalte, muß es in der 9. Zeile von unten heißen: Abb. 14 zeigt den Kessel. In der rechten Spalte, Zeile 7, muß fortfallen: Abb. 15; dagegen muß Abb. 15 auf Zeile 9 nach Feuerbüchse eingefügt werden. [N 1020]

Doppelschrauben-Motorschiff „Weißenfels".

Von Dipl.-Ing. Fr. Hillebrand und Ing. E. Müller, Oberingenieuren von Joh. C. Tecklenborg, A.-G., Bremerhaven-Geestemünde.

Beschreibung der Schiffseinrichtungen und der Maschinenanlagen

Am 19. August fand die Abnahme-Probefahrt des Doppelschrauben-Motorschiffes „Weißenfels" statt, wobei mit etwa 4000 PS Leistung der Hauptmaschine 13,3 Kn erreicht wurden. „Weißenfels" ist der vierhundertste Neubau von Joh. C. Tecklenborg, A.-G., Schiffswerft und Maschinenfabrik und zugleich das zweiunddreißigste von der Werft für die Deutsche Dampfschiffahrts-Gesellschaft „Hansa" gebaute Schiff, Abb. 1.

Abb. 1. Motorschiff „Weißenfels" auf der Probefahrt.

Die Hauptabmessungen des Schiffes sind:

Länge über alles	148,84 m,
Länge zwischen den Loten	142,35 „ ,
Größte Breite über Spanten gemessen	18,35 „ ,
Seitenhöhe von Oberkante Kiel bis Seite Hauptdeck auf ½ L . . .	10,65 „ ,
Höhe des Zwischendecks	3,35 „ ,
Höhe der Aufbauten, Poop, Brücke, Back	2,44 „ .

Das Schiff ist für die Klasse Germ. Lloyd ✠ 100 $\frac{A}{4}$ und unter Berücksichtigung der Vorschriften der Seeberufsgenossenschaft und der Hamburger Hafenbehörde erbaut. Seine Tragfähigkeit bei einem von der Seeberufsgenossenschaft berechneten Freibord von 2,31 m, dem ein größter Tiefgang von 8,42 m entspricht, beträgt 11 500 t. Die nach dem nationalen Meßverfahren vorgenommene Vermessung ergab unter Ausschluß der in der Poop, der Brücke und der Back angeordneten Laderäume 7868 B.-R.-T.

Das Schiff hat einen mit dem Kiel durch ein Stahlgußstück verbundenen geraden Vorsteven und ein Kreuzerheck erhalten. Am hinteren Ende geht der Flachkiel in den Stahlgußhintersteven über. Das in Abb. 2 bis 4 dargestellte Ruder ist als Einplatten-Balanzeruder gebaut, dessen aus Stahl geschmiedete Arme auf den ebenfalls geschmiedeten Ruderpfosten warm aufgezogen sind. Ruderpfosten und Ruderschaft sind durch eine wagerechte Kupplung miteinander verbunden. Von den drei Ruderfingerlingen sind der untere, der auf einer gehärteten Stahllinse ruht, und der mittlere, der auf einer Pockholzscheibe läuft, als Tragfingerlinge ausgebildet. Die aus Stahlguß gefertigten Wellenböcke sind einzeln mit dem Schiffskörper verbunden, Abb. 5 bis 10.

Das Spantensystem besteht durchgehend aus Wulstwinkeln, Abb. 11 bis 16 (S. 1350), und ist im Vorschiff durch bis zum Hauptdeck reichende Rahmenspanten und

Abb. 2 bis 4. Hintersteven und Ruder.

Abb. 5 bis 10. Wellenböcke.

Abb. 17 und 18. Längsschnitt und Draufsicht auf das Deck. Fassungsvermögen der Tanks insgesamt 1580 t.

Abb. 19 bis 26. Deckpläne.

Länge der Ladeluken 3,5 m
Breite „ „ 1,83 „

Abb. 19. Abb. 20. Abb. 21. Abb. 22. Abb. 23.

starke Stringer, im Motorenraum durch kräftige Gegenspanten verstärkt.

Für die Erhöhung der Querfestigkeit und zur Unterteilung des Schiffes in der Längsrichtung sind sieben wasserdichte Querschotte eingebaut worden, Abb. 17. Über die ganze Länge des Schiffes erstreckt sich ein Doppelboden mit hohen Bodenwrangen an jedem Spant, der durch einen teilweise öldichten Mittellängsträger und durch acht wasser- bzw. öldichte Bodenwrangen in 12 Ballast-, Frischwasser- und Treiböltanks unterteilt ist. Die Vor- und Hinterpiek sowie zwei im Zwischendeck eingebaute Hochtanks von zusammen 1580 t Fassungsvermögen sind ebenfalls zur Aufnahme von Ballastwasser eingerichtet. Der vordere dieser Hochtanks ist an die Kühlwasserleitung für die Dieseldynamos angeschlossen, so daß diese Hilfsmaschinen auch während des Dockens betrieben werden können.

Um eine genügend große Treibölmenge an Bord nehmen zu können, ist mittschiffs ein sich über die ganze Breite des Schiffes erstreckender Querbunker angeordnet worden, der 548 m³ Öl aufnehmen kann, Abb. 17 und 25. Dieser Raum

Abb. 24. Abb. 25. Abb. 26.

a Wasserballast
b Treiböl
b_1 Treiböl-Überlauftank
c Kesselspeise- und Waschwasser
d Brunnen
e Wasserballast
f Kabelgatt
g Bootmanns-Vorräte
g_1 Kettenkasten
h Proviantraum
h_1 Kartoffel- und Gemüseraum
i Trinkwasser
j Raum für Feuerlöschanlage
i_1 Waschraum für Schmierer
i_2 4 Schmierer
i_3 3 „
k Bade- und Waschraum für Ingenieure und Deckoffiziere
k_1 erster Ingenieur
k_2 Elektriker
k_3 2 Ingenieur-Assistenten
k_4 2 Ingenieur-Assistenten
k_5 Aufwärter für Besatzung
k_6 zweiter Koch und Kochmaat für Besatzung
k_7 erster Koch für Besatzung
k_8 zweiter Ingenieur
k_9 dritter „
k_{10} dritter „
k_{11} vierter „
k_{12} vierter „
k_{13} Boots- und Zimmermann
k_{14} Hospital für Mannschaft
k_{15} erster Aufwärter
k_{16} Tagesproviant
l Küche für Besatzung
m Bad für Offiziere
m_1 vierter Offizier
m_2 zweiter „
m_3 dritter „
m_4 erster „
n Kadetten
o Aufwartraum für Küche der Besatzung
p Speisezimmer für Deckoffiziere
p_1 Salon
q Schreibstube
r Speisezimmer für Ingenieure
s Arzt
t Kabinen für je 2 Passagiere
u Bad für Fahrgäste
v Kapitänswohnung
w erster Telegraphist
x Kartenhaus.

ist durch zwei öldichte Längsschotten in drei Abteilungen unterteilt. Insgesamt können 1834 m³ Motorenöl an Bord genommen werden. Sämtliche Treiböl führende Tanks sind durch eine Expansions- und Überlaufleitung mit dem im allgemeinen leer zu fahrenden Doppelbodentank zwischen den Spanten 95 und 105 verbunden. Diese Überlaufleitungen sind nach Backbord und Steuerbord getrennt in je einen Stahlgußstutzen zusammengeführt, von dem aus ein mit einem Schauglas versehenes Rohr in die bezeichnete Doppelbodenabteilung führt.

Im hinteren Teil der Brücke, Abb. 17 und 23, sind zwei Trinkwassertanks von je 20 m³ Inhalt aufgestellt worden, die durch eine Rohrleitung mit einer in der Nähe der Küche aufgestellten Handpumpe verbunden sind.

Die Inhalte der Laderäume, Bunker und Doppelbodenabteilungen sind den Abb. 17 und 24 zu entnehmen.

Von den sich über die ganze Länge des Schiffes erstreckenden Decks ist das Hauptdeck, Abb. 18, in seinen den Witterungseinflüssen ausgesetzten Teilen mit einem Teakholzbelag versehen; ebenso haben die Back, die Brücke und die Poop außerhalb der Deckhäuser Teakholzbeplankung erhalten. In der Umgebung der Ladewinden ist ein Zementbelag von 75 mm Dicke vorgesehen. Auf dem zum Schutz gegen die Rostbildung mit einem Bitumastikanstrich versehenen Eisendeck innerhalb der Wohnräume ist 40 mm dickes Steinholz verlegt worden. Über den Motorentreiböl enthaltenden Doppelbodenzellen ist die Doppelbodendecke in den Laderäumen mit einer 65 mm dicken Bodenwegerung bedeckt. An den Seiten der Unterräume wie auch der Zwischendeck-, Poop-, Brücken- und Backladeräume sind wegnehmbare Garnierlatten in Wegerungshaltern angebracht worden.

Die Anordnung der Wohn- und Wirtschaftsräume geht aus Abb. 19 bis 23 hervor. Als besondere Räume sind auf dem vorderen Bootsdeck, Abb. 21, drei erstklassig eingerichtete Kabinen für je zwei Fahrgäste, ein sehr geschmackvoll ausgestatteter Salon und die Wohnräume für den Kapitän zu erwähnen. Die recht geräumigen hellen und luftigen Zimmer für die übrige Besatzung sind in zweckentsprechender Weise eingerichtet. Außer den im Heck, sowohl auf dem Hauptdeck als auch auf dem Zwischendeck abgeteilten Räumen für Proviant, Abb. 23 und 24, ist auf Steuerbord im hinteren Teile des Brückendeckraumes ein Kühlraum für Fleisch von 26 m³ Inhalt und ein weiterer für Gemüse von 15 m³ Inhalt eingebaut worden.

In der auf dem Brückendeck befindlichen Küche, Abb. 20, ist, um die Mitnahme einer größeren Menge Kohlen zu vermeiden, ein Kochherd mit Ölfeuerung aufgestellt worden. Für den Betrieb dieser Feuerung ist ein Hochdruckgebläse vorgesehen, das bei 800 Uml./min etwa 90 m³ Luft auf 2 m W.-S. verdichtet. Als Antrieb dient ein Gleichstrommotor von 2 PS Leistung, der an die 110 V-Lichtleitung angeschlossen ist, damit das Gebläse auch bei Speisung des Kabelnetzes durch die Hafendynamo verwendet werden kann. Sollte dieses Gebläse nicht betriebfertig sein, so kann der Kochherd auch auf Kohlenheizung umgestellt werden. Außerdem ist in der Küche ein elektrisch geheizter Backofen mit zwei Herden von je 600 × 600 mm² Backfläche angebracht. In einem etwa 12 l Wasser fassenden elektrischen Wasserkocher, der außerhalb der Küche einen Zapfhahn und Schalter hat, kann für die nachts von der Wache kommende Mannschaft heißes Wasser bereitet werden, ohne daß die Küche betreten werden muß. Seinen Wasserzufluß erhält der Kocher aus einem im Schornstein aufgestellten, etwa 350 m³ großen Trinkwasserbehälter, der mittels der in der Nähe der Küche aufgestellten Trinkwasserpumpe gefüllt wird.

Zum Erwärmen der mittschiffs angeordneten Wohnräume und des Motorenraumes dient eine Dampfheizung, die den Dampf aus einem im Motorenraum stehenden ölgefeuerten Kessel von 25 m² Heizfläche erhält. Die unter der Back liegenden Mannschaftsräume, Abb. 23, werden durch eiserne Kohlenöfen geheizt, für die die erforderlichen Kohlen in einem kleinen, etwa 6 t fassenden Bunker unter der Back mitgeführt werden.

Als Feuerlöscheinrichtung ist eine Kohlensäure-Feuerlöschanlage vorgesehen; die für ihren Betrieb erforderliche Kohlensäure ist in 50 Kohlensäureflaschen von je 30 kg Füllung enthalten. Diese Flaschen sind in einem besonderen Raum unter dem Brückendeck aufgestellt, Abb. 23.

Das Schiff ist mit einer F.-T.- und einer Unterwasser-Schallanlage ausgerüstet. Seine Takelung besteht aus zwei senkrecht stehenden stählernen Pfahlmasten und vier Ladepfosten, an denen insgesamt 16 Ladebäume von je 5 t und ein Ladebaum von 30 t Tragfähigkeit gelagert sind. Die Abmessungen der sechs Ladeluken gehen aus Abb. 18 hervor. Die durch wasserdichte Deckel verschließbaren Luken der Hochtanks, Abb. 18, haben 3,500 m Länge und 1,830 m

Abb. 11 bis 16. Hauptspant.

Bootsdeck

Brückendeck

Hauptdeck

Zwischendeck

Unterzugverbindung

wasserdichtes Schott mittschiffs

Spantsystem im Bereiche des Öl-Querbunkers und Zwischendeck-Ballasttanks

Breite. Die zum Ladegeschirr gehörenden Ladewinden wie auch das Ankerspill und die Rudermaschine werden elektrisch angetrieben.

Der elektrische Strom für die Deckhilfsmaschinen, die elektrische Beleuchtung und für die Motoren der Hilfsmaschinen im Motorenraum wird von drei Dieseldynamos von je 100 kW Leistung bei 230 V Spannung erzeugt. Die zum Antrieb der Stromerzeuger dienenden Dieselmotoren werden bei der Motorenanlage eingehender beschrieben. Die gesamte elektrische Anlage haben die Siemens-Schuckert-Werke, Hamburg, geliefert. Außer den Hauptdynamos ist für den Hafenbetrieb eine kleine Dynamo von 9 kW Leistung bei 115 V Spannung im Motorenraum aufgestellt, die von einem kompressorlosen 15pferdigen Dieselmotor angetrieben wird. Die Hafendynamo wird für die Speisung des Lichtnetzes, für den Betrieb der F.-T.-Anlage und des Scheinwerfers gebraucht. Während der Fahrt erhalten diese drei Anlagen ihren Strom von einem 10 kW-Zweimaschinenumformer für 250 und 115 V Spannung.

Die elektrische Energie wird von der vorn im Motorenraum aufgestellten Hauptschalttafel aus verteilt. Für die Stromkreise ist Wahlschaltung der Stromerzeuger vorgesehen, so daß jeder Stromkreis von einer der 100 kW-Dieseldynamos seinen Strom erhalten kann. Auch der Umformer für die Lichtanlage kann auf jede Hauptdynamo geschaltet werden.

Die Lichtanlage umfaßt 265 Brennstellen, einschließlich acht hochkerziger, im Motorenraum angebrachter Leuchtkörper von 150 Watt Stromverbrauch und zweier Steckdosen für die 500 Watt-Lampen der Deckbeleuchtung. Dazu kommen noch 36 an das Lichtnetz angeschlossene Kammerlüfter. Auch die zwischen der Kommandobrücke und der Poop verlegte Lautfernsprechanlage und die aus Alarmglocken und farbigen Signallampen bestehende Alarmanlage für den Treiböl-Expansions- und Überlauftank sind an das 115 V-Netz angeschlossen. Die Glocken und Lampen dieser Anlage werden, sobald ein bestimmter Ölstand in dem Tank erreicht ist, durch einen von einem Schwimmer angetriebenen Hebel eingeschaltet.

Der mechanische Teil der von den Atlas-Werken in Bremen gebauten und in Abb. 27 und 28 dargestellten Rudermaschine besteht aus einem an seinem Umfang mit auswechselbaren Zahnsegmenten versehenen Ruderquadranten, der lose auf den Ruderschaft aufgesetzt ist; er ist federnd mit einer auf den Schaft aufgezogenen Pinne verbunden. Für den Antrieb der Rudermaschine sind zwei elektrische Motoren aufgestellt, die beide mit der Schnecke des auf den Hauptruderquadranten wirkenden Schneckengetriebes gekuppelt sind. Einer dieser beiden Motoren läuft als Aushilfsmotor stromlos mit und kann, sobald der antreibende Motor

Abb. 27 und 28. Rudermaschine.

Abb. 30. Ladewinde.

Abb. 31. Ankerspill.

Abb. 29. Schaltbild der Ruderanlage.

ausfällt, sofort durch einfache Umschaltung in Betrieb genommen werden.

Der Strom für diese beiden Motoren wird in zwei Zweimaschinenumformern erzeugt, deren Motoren an die 220 V-Kraftleitung angeschlossen sind. Der an den Rudermotor abgegebene Strom wird in seiner Stärke und Richtung durch den in der Nähe des Ruderhauses für jeden Umformer aufgestellten Stromerzeuger-Feldregler geregelt, und der Sicherheit wegen ist die Schaltung so getroffen, daß jeder Umformer sowohl auf den Backbord- als auch auf den Steuerbord-Rudermotor geschaltet werden kann.

Für den Fall, daß die Hauptrudermaschine vollständig ausfällt, ist auf dem Ruderschaft ein weiterer nach hinten zeigender Ruderquadrant angeordnet, mit dessen Verzahnung ein von dem auf dem Dach des Rudermaschinenhauses aufgestellten Handsteuerbock angetriebenes Stirnrad zum Eingriff gebracht werden kann. Die Schaltung des elektrischen Teiles der Rudermaschine geht aus Abb. 29 hervor.

Für das Ladegeschirr sind sechs Ladewinden von 6,5 t und zehn Winden von 3 t Hebekraft vorgesehen, Abb. 30. Die Kraft wird vom Motor auf die Windentrommel und die Windenköpfe durch Stirnradvorgelege übertragen. Die Antriebmotoren sind regelbare Nebenschlußmotoren mit zusätzlicher Hauptstromwicklung, die den Motoren bei stark geschwächtem Nebenschluß die Eigenschaften von Hauptstrommotoren gibt. Die Leistung der Motoren beträgt bei 400 Uml./min etwa 20 kW. Das Anlassen, Umsteuern und Bremsen geschieht durch Schützen, die mit den erforderlichen Widerständen unter Deck aufgestellt sind. Sie werden mit Hilfe einer vom Bedienungsmann der Winde eingestellten Meisterwalze geschaltet.

Der zum Antrieb des in Abb. 31 gezeigten wagerechten Ankerspills dienende Elektromotor ist ein Verbundmotor, der 85 PS 10 Minuten lang bei 800 Uml./min und 220 V Spannung leistet. Das größte Anzugmoment beträgt 150 mkg. Für die Umsteuerung, das Anlassen und Bremsen ist ein Kontroller unter Deck aufgestellt. [B 934] (Schluß folgt.)

Abhitzekessel.

Wie Prof. Josse in der Festschrift 1925 der Vereinigung der Elektrizitätswerke mitteilt, haben sich die bekannten Abhitzekessel der Ersten Brünner Maschinen-Fabriks-Gesellschaft als sehr erfolgreich erwiesen. Bei einer Anlage dieser Art beim Chemischen Verein in Aussig a. E. strömen die Rauchgase, die die Hochdruckkessel, Bauart Babcock & Wilcox, von je 500 m² Heizfläche für 32 at und 420 ° mit etwa 350 ° verlassen, von oben nach unten durch die Rauchrohre des Abhitzekessels, bespülen diesen dann außen und ziehen mit 210 ° in den Fuchs ab.

Der Abhitzekessel wird mit 5,5 at betrieben und der erzeugte Niederdruckdampf in erster Linie zum Vorwärmen von Speisewasser verwendet. Das Speisewasser wird mit der dem Druck von 5,5 at entsprechenden Siedetemperatur fein verteilt auf die Heizrohre gespritzt und der dabei entstehende Dampf, der sich im oberen Teil des Abhitzekessels etwas überhitzt, wärmt das Speisewasser in einem Heißwasserbehälter vor, worin das kalte Wasser zerstäubt und dem fein verteilten Dampf entgegengespritzt wird. Das heiße Wasser wird in zwei übereinander angeordneten Kesseln unter 5,5 at aufgespeichert und aus dem unteren von diesen Kesseln, der immer noch höher als der Abhitzekessel gelagert ist, mit natürlichem Gefälle teils dem Einspritzrohr des Abhitzekessels, teils der elektrisch angetriebenen Hochdruck-Kreiselpumpe zugeleitet, die das Wasser trotz seiner Temperatur von rd. 150 ° anstandslos aufnimmt und in die Hochdruckkessel fördert. Der Niederdruckdampf, der nicht für die Speisewasservorwärmung verbraucht wird, dient zusammen mit Anzapfdampf von 5 at aus der Dampfturbine für Fabrikationszwecke. Aus diesem Grunde hat man auch für den Abhitzekessel 5,5 at Betriebsdruck gewählt.

Als Speicher für das Heißwasser dienen alte frühere Dampfkessel, deren Inhalt ausreicht, um die Hochdruckkessel drei Stunden lang zu speisen, so daß während dieser Zeit der gesamte Niederdruckdampf für die Fabrikation verfügbar bleibt, um Spitzen des Bedarfs zu decken. Die Einrichtung wirkt daher nicht nur als Speisewasservorwärmer, sondern auch als Wärmespeicher. Eine selbsttätige Einrichtung regelt die Menge von kaltem Wasser, das in den Speicher eingespritzt werden soll, und damit auch die für die Vorwärmung von Speisewasser verbrauchte Dampfmenge in Abhängigkeit von der Dampfgeschwindigkeit in der Niederdruckdampfleitung. Braucht daher die Fabrikation weniger Dampf, so wird der Niederdruckdampf aus dem Abhitzekessel zum Vorwärmen von Speisewasser ausgenutzt; braucht dagegen die Fabrikation viel Dampf, so geht überhaupt kein Niederdruckdampf in den Wasserspeicher.

Abhitzekessel dieser Art verdienen namentlich bei Hochdruck-Dampfanlagen Beachtung, weil sie ermöglichen, den gußeisernen Rauchgasvorwärmer zu vermeiden, der bei 30 bis 35 at Betriebsdruck von mancher Seite nicht mehr als genügend betriebsicher angesehen wird, und weil sie auch nicht so leicht abrosten, wie manchmal die schmiedeisernen Speisewasservorwärmer. Da der Abhitzekessel kein Wasser enthält, so unterliegt er auch nicht den Vorschriften des Kesselgesetzes. Aus dem kalten Speisewasser werden ferner nicht nur die Gase abgeschieden, die durch ein Entlüftrohr des Heißwasserspeichers ständig abziehen, sondern auch die Härtebildner zum Teil niedergeschlagen. Elektrizitätswerke, insbesondere solche, bei denen das Wasser durch den Abdampf einer Hausturbine vorgewärmt wird, könnten den im Abhitzekessel erzeugten Niederdruckdampf in Dampfturbinen verwerten. [N 892] H.

Selbstentzündung von Ölen.

Von H. Jentzsch, Wilhelmshaven.

Vergleichsversuche — Selbstentzündungsdiagramme — Frühzündungen — Vergütete und legierte Öle — Bilgenbrände — Explosionen in Kompressorluftleitungen und Anlaßleitungen von Dieselmaschinen — Zünddruckkurven — Detonationszündungen — Kritische Selbstzündungstemperaturen — Transformatorenöle.

Vergleichsversuche.

In Bd. 68 (1924) Nr. 44 dieser Zeitschrift habe ich über meine Arbeiten zur Bestimmung der Selbstentzündung von Ölen und Brennstoffen berichtet. Die Versuche wurden im offenen Tiegel mit der wesentlichen Neuerung ausgeführt, daß die Selbstentzündlichkeit in Abhängigkeit von Temperatur und zugeführter Sauerstoffmenge bei wechselnder Sauerstoffzufuhr bestimmt wurde. Ähnlich wie Tauß und Schulte[1]) eine Abhängigkeit der Selbstzündungspunkte von Temperatur und Druck gefunden haben, habe ich einen Einfluß der zugeführten Sauerstoffmengen hierauf festgestellt, Zahlentafel 1. Auf Grund meiner Versuchsergebnisse bezeichnete ich z. B. als „unteren Zündwert" eines Stoffes das Verhältnis zwischen der niedrigsten Selbstzündungstemperatur und der geringsten Anzahl von Sauerstoffblasen in 1 min, die noch zur Zündung ausreicht, Zahlentafel 2.

Im Dezember 1924 habe ich im Erdöl-Forschungslaboratorium des Chemisch-Technischen Institutes der Technischen Hochschule Karlsruhe im Beisein von Dr. Tauß vergleichende Versuche ausgeführt, die zunächst die Werte in Zahlentafel 3 ergeben haben.

Wie ersichtlich, stimmen die im Zündwertprüfer gefundenen Werte gut mit den früher von Tauß in einer andern Versuchseinrichtung ermittelten Selbstzündungspunkten bei Atmosphärendruck überein.

Das Aufzeichnen der mit Hilfe des Zündwertprüfers gefundenen Selbstzündungspunkte hat sich ferner als Mittel zum Erkennen von Verunreinigungen und Oxydationen bewährt. So zeigen z. B. in Abb. 1 die Selbstzündungskurven von Allylalkohol vor und nach der Reinigung (Destillation), daß der Allylalkohol durch die Verunreinigung leichter entzündlich geworden ist. Nach Abb. 2 kann man aus dem Verlauf der Selbstzündungskurve manche Stoffe erkennen, auch wenn davon nur geringe Mengen für die Untersuchung verfügbar sind. Die Benzinkurve erstreckt sich z. B. über ein Gebiet von 300 bis 560 °, die der Alkohole liegt zwischen 400 und 500 °, und die von Benzol verläuft zwischen 580 und 600 ° fast senkrecht.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 574.

Zahlentafel 1. Selbstentzündlichkeit flüssiger und fester Brennstoffe, abhängig von der Sauerstoffzufuhr.

Nr.	Stoff	Flammpunkt im Flammpunktprüfer °C	Selbstzündpunkt a °C	Sauerstoffblasen in 1 min b	Zündwert $a:b$	Zahl der Zündungen
1	Motorenschmieröl . . .	166	230	40	5,75	22
2	„ . . .	174	226	146	1,60	11
3	„ . . .	150	236	42	5,60	18
4	„ . . .	187	248	102	2,42	15
5	„ . . .	193	244	28	11,10	34
6	„ . . .	191	244	18	13,80	36
7	Lagerschmieröl	165	240	100	2,40	4
8	Luftkompressorenöl . .	280	240	220	1,10	8
9	Heißdampfmaschinenöl .	243	244	64	3,80	—
10	Rüböl	—	240	36	6,60	13
11	„	—	380	168	2,26	—
12	Gasöl	75	242	48	5,05	1
13	Benzolöl	—12	235	60	3,90	1
14	Schwerbenzol	43	460	360	1,28	2
15	Treiböl.	60	230	60	3,80	—
16	„	77	232	36	6,40	2
17	„	68	238	20	11,90	2
18	Heizöl, amerikanisches .	—	212	30	7,10	23
19	Mischöl	77	220	16	13,70	14
20	Steinkohlenteeröl. . . .	64	315	220	1,43	2
21	Braunkohlenteeröl . . .	76	260	20	13,00	2
22	Benzol	—10	490	115	4,26	1
23	Steinkohle	—	300	250	1,44	3
24	Kohlenstaub	—	270	240	1,13	3
25	Preßtorf	—	248	204	1,22	3
26	Linoleum	—	245	240	1,02	1
27	Firnis	—	360	200	1,80	—
28	Paraffinöl	—	260	120	2,17	—
29	Terpentinöl	—	240	8	30,00	—
30	Alkohol, absolut	—	360	280	1,36	—

Selbstzündungsdiagramme.

In Karlsruhe wurde auch ein Benzin im Zündwertprüfer untersucht, dessen Selbstzündungskurve ähnlich wie die von Braunkohlenteeröl verlief. Es ergab sich z. B. bei 60 Blasen Sauerstoff und bei Temperaturen von 260 bis 290 ° Selbstzündung; bei höherer Temperatur setzten die Zündungen aus, und bei 430 ° und darüber traten sie wieder regelmäßig ein. Diese Lücke vergrößerte sich bei geringen Blasenzahlen und verkleinerte sich bei erhöhter Sauerstoffzufuhr. Bei 100 Blasen traten vom Selbstzündungspunkt an ununterbrochen Zündungen auf.

Mit Hilfe des Zündwertprüfers kann man daher bereits im Laboratorium feststellen, ob ein Stoff bei der Verwendung im Motor zu Frühzündungen Anlaß geben wird. Das

Zahlentafel 2. Zündwerte bis zu 600 °C.

Nr.	Stoff	Unterer Zündwert	Oberer Zündwert
1	Benzol, rein . . .	520/200 = 2,9	600/80 = 7,5
2	Benzin	330/ 90 = 3,67	520/25 = 20,8
3	Motorenschmieröl	280/ 62 = 4,5	600/13 = 46,0
4	Rüböl	380/168 = 2,26	520/— = 520,0
5	Firnis	360/200 = 1,8	500/— = 500,0
6	Paraffinöl	260/120 = 2,17	560/— = 560,0
7	Terpentinöl . . .	240/ 8 = 30,0	420/— = 420,0

Zahlentafel 3. Vergleichende Messungen.

Stoff	Selbstzündungspunkt im Zündwertprüfer °C	Selbstzündungspunkt nach Tauß °C
Zyklohexan	320	325
Benzaldehyd	220	220
Saccharose	390	378
Rizinusöl	340	326
Buttersäureanhydrid	370	370

Abb. 1. Selbstzündungskurven von Allylalkohol vor und nach der Reinigung.

Abb. 2. Selbstzündungskurven.
a Normalbenzin *b* Allylalkohol *c* Absoluter Alkohol *d* Methylalkohol *e* Benzol, rein.

Abb. 3. Ursprüngliches Selbstzündungsdiagramm.

Diagramm, Abb. 3, enthält außer der Selbstzündungskurve die Nullinie, eine Parallele dazu durch den Scheitel der Selbstzündungskurve, die bei der niedrigsten Selbstzündungstemperatur errichtete Senkrechte auf der Nullinie und eine Parallele dazu bei 580 °C. Durch die Punkte *A*, *B*, *C*, *D* wird die Expansionszone, Gebiet der künstlichen Zündung, begrenzt, durch den Linienzug *CDEFC* die Explosionszone, Gebiet der Selbstzündung. Die Frühzündungseigenschaften des Stoffes bestimmen Lage und Größe der Fläche *BCG*.

Den Beweis für die Richtigkeit dieses Diagrammes haben praktische Versuche bei den Bayrischen Motorenwerken erbracht, in deren Laboratorium die in Abb. 4 und 5 dargestellten Diagramme aufgenommen wurden. Das Benzin BMW I genügte in den auf 4,5 bis 5 at verdichtenden Motoren noch eben den Anforderungen, während das Benzin BMW II zu Betriebstörungen Anlaß gab. Nach den in Abb. 6 dargestellten Beziehungen zwischen Selbstzündung bei verschiedenen Drücken und bei wechselnder Sauerstoffzufuhr dürfte bei 4,5 bis 5 at Vorverdichtung die Selbstentzündung des Brennstoffes im Zündwertprüfer erst bei etwa 60 bis 70 Blasen Sauerstoff erfolgen. Das Benzin BMW II zündete jedoch bei 280 °C schon mit 28 Sauerstoffblasen, d. h. es genügte theoretisch ein Druck von 2,1 at, um Frühzündung herbeizuführen.

Weitere Bestätigung fanden die Ergebnisse der Messungen mit dem Zündwertprüfer durch die Prüfung verschiedener Stoffe in den Laboratorien der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Berlin-Adlershof, und der Marinewerft Wilhelmshaven.

Vergütete und legierte Öle.

Vielen Brennstoffen für Explosionsmotoren usw. werden Stoffe zugesetzt, welche die zum „Klopfen" der Maschinen führenden Frühzündungen verhindern sollen. Solche Stoffe sind Benzol, Xylol, Xylidin, Anilin, Tetraäthylblei u. a. Die Wirkung der Vergütung durch einen Stoff mit hochliegender Selbstzündungskurve ist aus Abb. 7 und 8 zu erkennen. Man „vergütet" Öle, die während des Lagerns beim Verbraucher durch Oxydation, chemische Zersetzung usw. leichter entzündlich geworden sind, indem man sie, um Frühzündungen zu vermeiden, mit einem schwerer entzündlichen Stoff mischt. „Legierten Ölen" setzt man bereits vor Abgang an den Verbraucher „Antiklopfmittel" zu. In Abb. 9 ist z. B. das Selbstzündungsdiagramm eines legierten Öles dargestellt. Viele Motorenerbauer und Brennstofflieferanten meinen noch, ein „guter" Motor müsse so ziemlich jeden Brennstoff verzehren können. Sie können sich immer noch nicht an den Gedanken gewöhnen, daß das Motorpferd seinen „Hafer" in Gestalt des am besten geeigneten Brennstoffes haben muß, wenn es volle Kraft liefern soll. Außer bei ganz besonderen Umständen soll sich nicht der Motor nach dem Brennstoff richten, sondern der Brennstoff in der besten Beschaffenheit zubereitet oder geliefert werden.

Selbstentzündung von Heizölen.

Im Laufe der letzten Jahre hat die Verwendung von Heizölen zum Betriebe von Kesseln an Bord von Schiffen erheblich zugenommen. Gestiegen ist aber auch die Zahl der Unfälle, die man auf Selbstentzündung von Heizölen zurückführen kann. Im Bordbetriebe läßt sich nie ganz vermeiden, daß geringere oder größere Mengen von Heizöl in die Bilgen fließen. Handelt es sich um Leichtöl, spezifisches Gewicht unter 1, so schwimmt es auf dem Bilgenwasser und kann bei Seegang gegen heiße Kesselwände geschleudert werden. Da man für Ölfeuerungen erhöhte Luftzufuhr braucht, ist im Kesselraum stets genug Sauerstoff vorhanden, um z. B. das in Abb. 10 gekennzeichnete Heizöl zur Selbstentzündung zu bringen und die auf Brennpunkttemperatur erhitzten Gase zu entzünden.

Bei den Selbstentzündungsvorgängen in einem Motorzylinder wird, ähnlich wie im Zündwertprüfer, dem Öl zur

Abb. 4. Selbstzündungsdiagramm für Benzin BMW I.

Abb. 5. Selbstzündungsdiagramm für Benzin BMW II.

Abb. 6. Gegenüberstellung der Versuche mit Paraffin unter Druck und im dosierten Sauerstoffstrom.

Aufnahme von Sauerstoff keine Zeit gelassen, daher muß eine größere Menge Sauerstoff zugeführt werden. Im offenen Raum, wo das Öl längere Zeit mit großer Oberfläche der Einwirkung des Luftsauerstoffes ausgesetzt ist, reichert es sich ständig mit Sauerstoff an, und zwar nach Fischer, „Technologie der Brennstoffe", mit steigender Temperatur wesentlich stärker. Einige Brennstoffe nehmen im nassen Zustand außerdem Sauerstoff in wässeriger Lösung auf und neigen dadurch besonders leicht zur Selbstentzündung. Da sich Braunkohlen leicht von selbst entzünden können, liegt der Schluß nahe, daß auch auf dem Bilgenwasser schwimmendes Braunkohlenheizöl aus der Luft und aus dem Wasser Sauerstoff aufnimmt.

Schmierölexplosionen in Luftleitungen.

Bei Explosionen in Motorenluftleitungen ist nicht immer das Treiböl der schuldige Teil. Sehr oft hätten sich Schäden an der Maschinenanlage oder Verluste an Menschenleben vermeiden lassen, wenn man die Selbstentzündungseigenschaften des Schmieröles vorher geprüft und ständig überwacht hätte.

Im Februar 1925 ereignete sich im Kompressorraum eines Werkes eine Explosion, wodurch ein etwa 0,17 m² großes Stück aus der Rohrleitung herausgerissen wurde. Die Bruchstelle lag weit ab vom Kompressor, Abb. 11, und unmittelbar vor einem ins Freie führenden Rohrkrümmer. Der Betriebsdruck betrug 7 at. Die erste Untersuchung ergab, daß die inneren Rohrwände mit einer starken Ölschicht bedeckt waren. Proben der verwendeten Schmieröle wurden daher im Zündwertprüfer untersucht, wobei sich als Zündwert für das zum Schmieren der Kompressorzylinder benutzte Öl 310 : 268 = 1,15, für das in den Lagern verwendete Motorenschmieröl 280 : 29 = 9,65 ergab. Das Material des Rohres war einwandfrei.

Benutzt man die Beziehung 120 Blasen Sauerstoff in 1 min = 9 at, so war für das Zylinderöl ein Druck von rd. 20 at notwendig, wenn die Sauerstoffmenge für die Selbstentzündung bei rd. 300 °C vorhanden sein sollte, während sich das Motorenschmieröl schon bei rd. 2,2 at entzünden konnte. Hinzu kam noch, daß sich die Ölniederschläge durch die ständig vorbeiströmende warme Luft fortwährend mit Sauerstoff anreicherten. Infolge eines Konstruktionsfehlers wurden größere Mengen Lagerschmieröl vom Niederdruckkolben des Kompressors angesogen und mit der Luft durch die Ventile in die Rohrleitung gedrückt. Bei der hohen Geschwindigkeit des Luftstromes entstand an den scharfen Ventilkanten so viel Reibungswärme, daß die Temperatur dem Selbstzündungspunkt des Öles nahe kam; hiermit war die zweite Bedingung für das Zustandekommen der Selbstentzündung erfüllt. Bei der Untersuchung des Kompressors fand man Ölkohle auf den Ventiltellern, außerdem war ein Ventil beschädigt.

Anscheinend hat also über den Ventilen Selbstentzündung eines Gemisches von Luft und verdampftem Schmieröl stattgefunden, die zunächst das Ventil beschädigte, in deren weiterem Verfolg ein Flammenbündel in die Rohrleitung gelangte. Dieses hat auf seinem Wege weitere Ölgase aus dem das Innere des Rohres bedeckenden Schmieröl erzeugt. Vor dem scharfen Krümmer stauten sich die Gase, und es entstand ein explosibles Gemisch, dessen Entzündung den Rohrbruch verursachte.

Den Beweis für die Richtigkeit dieser Erklärung lieferte die in Abb. 12 dargestellte Versuchsanordnung. Der Tiegel eines Zündwertprüfers wurde auf 280 ° erhitzt, und ein Gemisch von Leuchtgas und Sauerstoff durch eine 2 m lange, mit einem Krümmer versehene Rohrleitung aus Glas in die Zündlöcher geleitet. Sobald ein Tropfen des erwähnten Motorenschmieröles in den Zündtiegel fiel, erfolgte eine Explosion, von der sich ein Flammenbündel abzweigte und

Abb. 7. Treiböl Z.

Abb. 8. Treiböl Z + Benzol (7 + 3).

Abb. 9. Legierter Brennstoff.

Abb. 10. Braunkohlen-Heizöl.

Abb. 14. Zünddrucklinien.

durch den Krümmer bis zum U-Rohr gelangte, wo durch eine zweite Explosion der Rohrbruch erfolgte. Solche Flammenbündel habe ich auch beobachtet und vorgeführt, wenn dem Sauerstoff kein Leuchtgas beigemischt war.

Einen weiteren Beweis für diese Erklärung lieferte drei Tage nach dem beschriebenen Rohrbruch der Bruch der Anlaßluftleitung beim Anlassen einer Dieselmaschine, wiederum in etwa 2 m Entfernung vom Zylinder. Das Rohrinnere zeigte auch hier einen Ölüberzug, der auf Grund der Untersuchung im Zündwertprüfer vom Schmieröl stammte. An der äußerst geringen Menge des durch Ausspülen des Rohres gewonnenen Öles ließ sich nachweisen, daß der Niederschlag tatsächlich aus Schmieröl, und nicht, wie aus verschiedenen Umständen vermutet werden konnte, aus Treiböl bestand; dabei hat sich die Eigenschaft der Schmieröle, bei stoßweiser Sauerstoffzuführung im Zündwertprüfer bis zu 36 Zündungen und mehr erzeugen zu können, benutzen lassen. Ein Tropfen des rückgewonnenen Öles ließ sich durch aufeinanderfolgende Sauerstoffstöße 23mal entzünden, während das Treiböl nur drei Zündungen ergab. Das Schmieröl stammte von der gleichen Lieferung wie das Lagerschmieröl des früher erwähnten Luftkompressors.

Beim Untersuchen der Dieselmaschine fand man in den Auspufföffnungen des Zylinders starke Ablagerungen von anscheinend trockener Ölkohle, die im Zündwertprüfer als Selbstzündungspunkt 250° und als Zündwert 250 : 30 = 8,3 ergab. Die Analyse ergab rd. 21 vH Schmieröl und 2 vH Asphalte.

Auch in diesem Falle dürfte beim Vorbeiströmen der Anlaßluft an den scharfen Kanten des Rückschlagventils eine dem Selbstzündungspunkt nahe Temperatur entstanden sein, die die Zündung einleitete. Ob die zum Rohrbruch führende zweite Zündung durch Schmieröl oder Treibölgase hervorgerufen worden ist, kann zunächst dahingestellt bleiben. Die Ursache der Rohrbrüche beim Betriebe so verschiedener Maschinen dürfte also zu reichliche Schmierung mit einem leicht zur Selbstentzündung neigenden Öle gewesen sein. Durch ständige Nachprüfung des Schmieröles lassen sich daher derartige Unfälle, die nicht immer so günstig verlaufen, vermeiden.

Detonationszündungen und kritische Zündtemperaturen.

Alle Explosionen in den Rohrleitungen von Dieselmaschinen, die mir im Laufe der Jahre bekannt geworden sind, fanden beim Anlassen der kalten Maschine statt, also bei niedrigen Temperaturen und sauerstoffreicher Luft. Bei Versuchen mit dem Zünddruckmesser, Abb. 13, der von der Metallwarenfabrik A.-G. Wilhelmshaven hergestellt wird[1]), habe ich gefunden, daß die Wirkung der Explosion eines zur Selbstentzündung gebrachten Stoffes bei niedriger Temperatur am stärksten war. Der zu prüfende Stoff wird in abgemessener Menge in ein Zündloch des Tiegels eingeführt und entzündet sich hier, sobald die Bedingungen für die Selbstentzündung gegeben sind. Der Explosionsdruck hebt je nach seiner Stärke den Teller *d* an, von dessen Hebelarm der Blindzeiger *e* mitgenommen wird; dieser zeigt den erreichten Druck auf einer empirischen Teilung an. Aus Abb. 14 geht hervor, daß bei Versuchen mit Treiböl die höchsten Zeigerstellungen bei Temperaturen zwischen 270 und 380° erreicht wurden. Unter 270°, dem Selbstzündungspunkt des Treiböles, erfolgten überhaupt keine Ausschläge des Zeigers, und zwischen 380 und 500° war die Stärke der Zündungen nur etwa 1/30 der bei 320° erreichten. Die Versuche ergaben also, daß die bereits bekannten und gefürchteten Detonationszündungen nur bei bestimmten, niedrigen Temperaturen auftreten, die man daher als „kritische Selbstzündungstemperaturen" bezeichnen kann. Diese Ergebnisse haben Versuche mit andern Stoffen bestätigt. Man kann daher auch annehmen, daß es sich bei den Explosionen in den Luftleitungen von Dieselmaschinen und Luft-

[1]) DRP Nr. 404 810.

Abb. 13. Zünddruckmesser.

a Elektrischer Ofen
b Zündtiegel
c Thermometer
d Druckteller
e Zeiger
f Sauerstofftrockner
g Sauerstoffregler
h Dreiwegehahn
i Blasenzähler
k Sauerstoffbehälter
l Einstellventil
m Absperrventil
n Manometer
o Enddruckmesser
p Stecker
q Schalter.

Abb. 11. Rohrplan einer von einer Explosion heimgesuchten Kompressoranlage.

× Bruchstelle.
Kompressoröl-Zündwert: 310 : 268 = 1,15
Lageröl-Zündwert: 280 : 29 = 9,65.

Abb. 12. Versuchsanordnung.

kompressoren um Detonationszündungen gehandelt hat. Daß die Explosionskraft bei höheren Temperaturen geringer ist, erklärt sich vielleicht durch das Leydenfrostsche Phänomen, d. h. durch die Bildung einer Dampfhülle zwischen Wärmequelle und erhitztem Stoff. Inwiefern die Bildung dieser Dampfhülle durch die vorhandene Sauerstoffmenge beeinflußt wird, muß noch aufgeklärt werden; jedenfalls kann man beim Aufzeichnen des Selbstentzündungsdiagrammes beobachten, daß die Lücke im Auftreten der Selbstentzündungen bei zunehmender Temperatur von der Menge des zugeführten Sauerstoffes abhängt.

Transformatorenöle.

Zu den Ölen, bei deren Verwendung folgenschwere Unfälle hervorgerufen werden können, gehören auch die für Transformatoren und Schalter; z. B. hat im Frühjahr 1925 in einem Berliner Werk eine folgenschwere Transformatorexplosion stattgefunden. Schon die Möglichkeit der Entstehung solcher Explosionen ist also genügender Anlaß, die betreffenden Öle auf ihre Selbstentzündlichkeit zu prüfen, Zahlentafel 4.

Die Öle 3 und 6 waren mehrere Jahre in einem Transformator benutzt worden, aber mit Rücksicht auf das erwähnte Berliner Unglück schien es ratsam, sie auszuwechseln. Es ist bekannt, daß Kurzschlüsse in den Transformatoren ganze Wicklungen bis zur Verbrennung erhitzen und das umgebende Öl erwärmen können. In geringem Maße können örtliche Erwärmungen dadurch hervorgerufen werden, daß sich Verbindungen der Wicklungen lösen. Auch eine Ozonisierung, also verstärkte Sauerstoffaufnahme des Öles, liegt im Bereiche des Möglichen, namentlich bei Ölschaltern. [B 490]

Zahlentafel 4. Transformatorenöle.

Nr.	Stoff	Flammpunkt im Pensky-Martens-Tiegel °C	Flammpunkt im offenen Tiegel °C	Brennpunkt °C	Selbstzündungspunkt °C	Zündwert
1	Transformatorenöl	150	155	184	255	255/32 = 8,0
2	"	149	152	182	250	250/22 = 11,4
3	"	141	145	167	270	270/16 = 16.8
4	"	145	152	188	265	265/44 = 6,2
5	"	131	147	168	232	232/18 = 12,9
6	"	168	194	229	275	275/18 = 15,3

Neue Gaserzeugeranlage mit Tieftemperaturteer-Gewinnung[1]).

Die Versuchsanlage.

Die von der MAN gebaute Versuchsanlage besteht aus zwei neuen Drehrost-Gaserzeugern für Urteergewinnung mit einem Durchsatz von je 30 t Briketts in 24 h, Abb. 1, und einer älteren 1200-pferdigen, sowie einer neuen 1550-pferdigen Gasmaschine. Mitteldeutsche Braunkohlenbriketts werden zuerst in einem Schwelschacht über dem eigentlichen Gaserzeuger entgast und darauf in dem Unterschacht vergast. Aus dem Unterschacht wird ein Teil der Gase als sogenanntes Armgas unmittelbar abgesogen, der andere Teil zieht durch den Schwelschacht, liefert die zur Entschwelung notwendige Wärme und verläßt mit den Schwelgasen als sogenanntes Reichgas den Oberschacht. Die Luft für den Gaserzeuger wird durch einen Lüfter möglichst warm aus dem Maschinenkeller angesogen und in einen Luftsättiger gedrückt, worin erwärmtes Kühlwasser nach unten rieselt. Dort kann sich die Luft mit Wasserdampf sättigen; außerdem führt man ihr noch vor dem Eintritt in den Gaserzeuger Heißdampf zu.

Aus dem Reichgas gewinnt man den Teer durch einen Theisen-Wäscher, mit Hilfe von eingespritztem Teer; vorher wird das Gas entstaubt und durch Luft gekühlt. Nach dem Entteeren mischt sich das Gas aus dem Oberschacht mit dem Gas aus dem Unterschacht und bildet Mischgas, das nach mehrmaligem Kühlen und Abscheiden der letzten Teerspuren zur Maschine gelangt.

Der Teer sammelt sich in Gruben; daraus entnimmt eine Pumpe den Waschteer, die andre fördert den Teer in Tankwagen. Das Kühlwasser für die Gaserzeuger wird zum größten Teil im Luftsättiger und dann in einem Nachkühler rückgekühlt, der mit Frischwasser arbeitet.

Die neue Gasmaschine ist wie die ältere eine doppelt wirkende Viertakt-Tandemmaschine, deren Kühlwasser rückgekühlt

[1]) Auszug aus einem Aufsatz von Dipl.-Ing. F. Kaiser, Z. Bayr. Rev.-V Bd. 29 (1925) Heft 5/8.

a Gaserzeuger
b Schwelschacht
c Luftsättiger
d Armgaskühler
e Mischgaskühler
f Nachkühler
g Tropfenfänger
h Teerabscheider, Bauart „Pelouze"
i Schwelgaskühler
k Tropfenfänger
l Desintegrator
m Staubsammler
n Teerpumpen
o Vorratsgrube
p Klärgrube
q Wäscherpumpe.

Abb. 1. Schema der Gaserzeugeranlage.

Abb. 2. Wärmefluß innerhalb der Versuchsanlage. (Versuch 1 mit einem Gaserzeuger.)

		vH
a	Im Brennstoff enthalten	100
b	Wärmeverlust in den Rückständen	4,3
c	Gewinn im Teer	15,0
d	Wärmeabgabe an Luft und Kühlwasser	14,1
e	im trocknen teerfreien Gas	70,1
f	indizierte Leistung	21,5
g	Reibung in Maschine und Transmission, Abkühlung der Maschine	4,9
h	Wärmeverbrauch der Hilfsmaschinen	1,5
i	Nutzleistung	15,1
k	insgesamt ausgenutzt	53,7
l	Wärmeabgabe an das Kühlwasser der Gasmaschine	5,8
m	Wärmeverlust in den Abgasen, durch Strahlung und Leitung	15,7
n	Einblasedampf für den Generator	3,5
o	in den Abgasen	42,8
p	im Dampf	27,1
q	im Nutzdampf	23,6

wird; sie treibt durch Seile die Hauptwelle der Fabrik. Hinter jede Maschine ist ein Abhitzekessel von 109 m² Heizfläche und 15 at Druck geschaltet.

Versuchsergebnisse.

An der Anlage hat der Bayerische Revisions-Verein einen rd. 10stündigen Abnahmeversuch mit einem Gaserzeuger und der neuen Maschine, einen 12stündigen Betriebsversuch mit beiden Gaserzeugern und beiden Maschinen und einen dritten 82stündigen Dauerversuch unter den gleichen Betriebsverhältnissen durchgeführt. Die Gasmengen wurden dabei mit Hilfe einer Stauscheibe gemessen, wobei der Druck in entsprechender Entfernung vor der Scheibe und an zwei Stellen hinter der Scheibe ermittelt wurde. Diese beiden Messungen stimmten gut miteinander überein. Die chemische Zusammensetzung des Gases vor dem Eintritt in die Maschine wurde mit einem erweiterten Orsatapparat und der Heizwert mit einem Union-Kalorimeter unmittelbar bestimmt. Daneben wurde noch mittels Pneumometers die den Gaserzeugern zugeführte Luftmenge und aus dem Speisewasserverbrauch eines ausschließlich auf die Gaserzeuger geschalteten Abhitzekessels die notwendige Zusatzdampfmenge ermittelt.

Nach den Versuchsergebnissen hat der Heizwert der vergasten mitteldeutschen Braunkohlenbriketts, Marke Bleichert-Wirrha, im Mittel 4915 kcal/kg und die theoretische Teerausbeute im Laboratorium 9,6 vH betragen. Der Brennstoffdurchsatz betrug beim Hauptversuch 1000 kg/h oder 141,4 kg/m²h; der Gaserzeuger war also mäßig belastet. Das Mischgas hatte vor dem Eintritt in die Maschine beim ersten Versuch 1755, beim zweiten Versuch 1690 kcal/m³ mittleren Heizwert, war also im Vergleich zu sonstigen Generatorgasen sehr heizkräftig und hatte ferner geringen Staubgehalt. Diese Reinheit des Gases kommt dem Gasmaschinenbetrieb zu statten, weil die Ventile nicht mehr so oft wie früher gereinigt werden müssen. Nach drei Monaten Tag- und Nachtbetrieb waren die Ventile noch sehr sauber.

Die Gastemperatur betrug beim Austritt aus dem Schwelschacht 150 ° und beim Austritt aus dem Unterschacht 630 °. Daraus folgt, daß die höchste Temperatur im Schwelschacht noch über der bei Urteergewinnung im allgemeinen zugelassenen Höchsttemperatur von etwa 500 ° liegt. Trotzdem lieferte die Anlage sehr guten, wegen seines hohen Gehalts an Paraffinmasse äußerst wertvollen Teer, für den bereits 8,5 ₰/kg gegenüber 4,5 bis 6,5 ₰/kg für die üblichen Sorten bezahlt wurden. Die Analyse des Teeres ergab:

Rohöl einschließlich benzinartiger Stoffe	23,8 vH,
Paraffinmasse	60,5 „
Koksrückstände (Pech)	10,9 „
Gasverlust	4,8 „

Abb. 3. Jährliche Betriebkosten einer 2000 kW-Anlage bei verschiedenem Heizdampfbedarf.

An benzolunlöslichen Bestandteilen (Schmutz) hat der Bayerische Revisions-Verein 2,3 vH, der Lieferer in anderen Proben 1,2 und 0,18 vH festgestellt; außerdem enthielt der Teer nur 2,8 vH Wasser.

Die Teerausbeute betrug im Dauerversuch 7,9 vH der vergasten Brennstoffmenge, also 83 vH der im Laboratorium ermittelten. Später hat man auch 9 vH Teerausbeute, also nahezu 100 vH der theoretischen erreicht.

Die Luft nahm wegen ihrer günstigen Führung bereits vor dem Eintritt in den Gaserzeuger so viel Wasserdampf auf, daß nur 0,22 bis 0,26 kg Wasserdampf auf 1 kg Briketts zugesetzt zu werden brauchten.

Die Gesamtwärmeausnützung im Gaserzeuger, Abb. 2, erreichte beim ersten Versuch 82,2 vH, wobei 14,5 vH auf den Wärmegewinn durch den Teer, 4,2 vH auf Verbrennliches in den Herdrückständen und 13,6 vH auf Wärmeabgabe an die Luft und an das Kühlwasser entfallen. Der Betrieb der Gaserzeugeranlage hat sich bisher mit den angegebenen Briketts anstandslos durchführen lassen, namentlich hat Schlackenbildung nie Anlaß zu Störungen gegeben.

Die neue Gasmaschine verbraucht bei 1626 PS$_i$ Leistung 0,62 kg/PS$_i$h Briketts und damit nur um 7 vH mehr Brennstoff als die ältere Maschine ohne Teergewinnung bei den früheren Abnahmeversuchen. Die gesamten Hilfsmaschinen verbrauchten bei Betrieb einer Maschine 9,2 vH und bei Betrieb von beiden Maschinen 6,9 vH der Maschinenleistung, doch könnte man durch zweckmäßigen Betrieb der Gaserzeuger noch an Kraft sparen.

Auf eine Nutzpferdekraftstunde an der Maschinenwelle abzüglich aller Verluste und des Eigenverbrauches der Anlage fallen 68 g Teer und 1,4 kg Dampf im Abhitzekessel an. Die ursprünglichen Brikettkosten von 1,76 ₰ für eine Nutzpferdekraftstunde werden durch die Teereinnahme um rd. ⅓ und durch die Dampfeinnahme um ein weiteres Drittel, also auf 0,57 ₰ vermindert. Diese Brennstoffkosten sind als sehr niedrig anzusprechen. Der Wärmeverbrauch der Anlage beträgt 2065 kcal/PS$_i$h Im Abhitzekessel werden die Gase von 631 auf 188 ° abgekühlt, wobei an Dampf 1783 kg/h oder 16,4 kg/m²h erzeugt werden.

Die Wärmebilanz der ganzen Anlage ergibt, daß im Teer, in Maschinennutzleistung und im Dampf 53,7 vH gewonnen werden und 18,4 vH im Gaserzeuger sowie 27,9 in der Gasmaschine und im Abhitzekessel verloren gehen.

Auf Grund dieser Versuchsergebnisse ist der Vergleich zwischen der Gaskraftanlage, einer Dampfturbinenanlage von 30 at Anfangsspannung und einer Dieselmaschine für 2000 kW durchgeführt, s. Abb. 3. Die Gesamtbetriebkosten einschließlich Bedienung, Schmierung, Instandhaltung, Verzinsung und Abschreibungen sind einmal für reinen Kraftbetrieb und das andere Mal für verschiedenen Bedarf an Heizdampf berechnet, den man dem Abhitzekessel oder einer Turbinenstufe entnimmt und im übrigen in einem besonderen Hochdruckkessel erzeugt. In der Anlage ist die Dampfanlage am billigsten, die Gaskraftanlage am teuersten. Bei ununterbrochenem Betrieb und reiner Krafterzeugung ergeben ferner Gas- und Dampfkraftanlage nahezu gleiche Betriebkosten; bis zu einer Dampfentnahme von etwa 10 000 kg/h ist die Gaskraftanlage, darüber hinaus die Turbine im Vorteil. Am günstigsten arbeitet die Gaskraftanlage, wenn der Heizdampfbedarf ungefähr der Leistung des Abhitzekessels entspricht. Die Betriebkosten der Dieselmaschine liegen durchwegs höher. Bei 3000 Betriebstunden im Jahr verschiebt sich das Bild zu Gunsten der Dampfkraft, weil dann die niedrigeren Anlagekosten ins Gewicht fallen. [M 589]

Die Verflüssigung der Kohle.

Von Dr. Friedrich Bergius, Heidelberg.

Vorgetragen auf der Kohlentagung in Essen am 26. April 1925.

(Schluß von S. 1320.)

Versuche mit kontinuierlichem Prozeß im halbtechnischen Maßstabe.

Bei dem früher erwähnten Spaltverfahren für Öle[1]) war dieser Teil des Prozesses außerordentlich einfach, das Einpumpen von Kohle hingegen bot zunächst fast unüberwindlich scheinende Schwierigkeiten. Es wurden jahrelang Versuche angestellt mit den verschiedensten Verfahren der Kohleneinführung. So wurde z. B. versucht, die Kohle durch vor das Reaktionsgefäß geschaltete, schleusenartig wirkende Apparate einzuführen, es wurde versucht, die Kohle in einer Ölaufschwemmung einzupumpen, alle diese Verfahren scheiterten jedoch an technischen Schwierigkeiten. Ein einfacher und praktisch brauchbarer Weg wurde erst gefunden, als man erkannt hatte, daß pasteartige Mischungen von Kohle mit schweren Ölen sich durch Druckpumpen geeigneter Konstruktion wie eine dicke Flüssigkeit durch Rohre fördern lassen, und daß der Energiebedarf für eine derartige Förderung kein Hindernis für die praktische Durchführung dieses Verfahrens ist. Die Einführung einer derartigen Kohlenpaste hat noch weiterhin den Vorteil, daß man die Kohle gemeinsam mit einem Verteilmittel in den Reaktionsraum bringt. Es ergab sich im Laufe der Arbeiten, daß als Verteilmittel die schweren Anteile des bei der Hydrierung aus der Kohle entstehenden Öles sehr geeignet sind und daß diese Anteile des Schweröles im Sinne der Ölspaltung günstig beeinflußt werden.

Eine weitere Schwierigkeit war natürlich die ununterbrochene Abführung der festen Reaktionserzeugnisse aus dem Reaktionsraum, der Asche und des nicht umgewandelten Kohlenanteils. Erst langjährige Versuche ergaben hier eine praktisch brauchbare Lösung. Nachdem reiche technische Erfahrung für den kontinuierlichen Prozeß gesammelt war, bildete sich als praktische Apparatform die in Abb. 6 schematisch dargestellte Anordnung heraus.

Die Paste wird durch die Presse *a*, die natürlich für diesen Zweck besonders konstruiert werden mußte, auf den Arbeitsdruck von etwa 150 at gebracht und dem Druckgefäß *b* zugeführt. In diesem mit einem Rührwerk ausgestatteten Apparat, dem von der Pumpe *d* der Reaktionswasserstoff in der erforderlichen Menge zugeführt wird, wird die Paste und der Wasserstoff etwa auf Arbeitstemperatur erwärmt. Der Stoff strömt dann in das eigentliche Reaktionsgefäß *c* über, das ebenso wie *b* gebaut ist. Der Durchsatz wird so bemessen, daß die Aufenthaltsdauer für die Durchführung der Reaktion ausreicht. Die Reaktionserzeugnisse verlassen durch die Leitung *e* den Apparat und werden in der Schlange *f* gekühlt. Durch das Ventil *g* wird die Expansion auf Atmosphärendruck vorgenommen, die Erzeugnisse strömen in das Auffanggefäß *h*, wo sich Gas und Flüssigkeit trennen. Das Gas wird, nachdem ihm die darin enthaltenen kondensierbaren leichten Kohlenwasserstoffe entzogen sind, im Gasometer *i* aufgefangen und nach Bedarf verwandt, während die festen und flüssigen Teile durch ein Ventil aus dem Auffanggefäß *h* abgezogen werden und zur weiteren Aufarbeitung kommen.

Das Aufheizgefäß *b* und das Reaktionsgefäß *c* zeigt Abb. 7; die Gefäße fassen je rd. 50 l. Der maschinelle Teil der Anlage, Abb. 8, die Mischmaschine, die Pastenpresse, die Wasserstoffpumpe und die Bedienungseinrichtungen befinden sich außerhalb des Raumes, wo die Reaktionsgefäße aufgestellt sind. Im Rheinauer Werk sind zwei solcher Arbeitsanlagen vorhanden, in denen die verschiedensten Kohlen untersucht werden. Je nach der Größe der Gefäße und nach der Art der angewandten Kohle erlauben diese Apparate Durchsätze von 300 bis 1000 kg in 24 h.

Mit dieser ununterbrochenen Arbeitsweise, die hauptsächlich von Herrn Arno Debo, unterstützt durch Herrn Karl Noack, technisch durchgebildet worden ist, werden die in den Laboratoriumsbomben voruntersuchten Kohlen genauer studiert. Es wird festgestellt, welche Arbeitstemperatur die günstigste ist, wie die Ausbeute an verschiedenartigen Ölen und Gasen durch die Arbeitsbedingungen beeinflußt wird. Bei Beginn einer Kohlenuntersuchung wird eine Paste durch Vermischen der gemahlenen Kohlen, Kerngröße von 1 mm ist ausreichend, mit einem von seinen leichten Bestandteilen befreiten Steinkohlenteer hergestellt. Auf 100 Teile Kohle werden, je nach Art der Kohle wechselnd, im Durchschnitt etwa 40 Teile Pastenöl verwandt. Die Produkte werden durch Destillation von dem Reaktionswasser und den leichter siedenden Kohlenwasserstoffen befreit. Der Destillationsrückstand, enthaltend die schweren Öle mit der Asche und den nicht verwandelten Kohlenanteil, kann auf verschiedene Weise aufgearbeitet werden. Nach einem dieser Verfahren wird das Rückstandsöl durch Ausschleudern von der Asche und der nicht verwandelten Kohle befreit. Das abfließende, von festen Substanzen freie Öl wird zum Teil mit Wasserdampf und Vakuum aufdestilliert, während ein andrer Teil benutzt wird, um eine neue Kohlenmenge zu Paste anzurühren. Die im Anfang als Teer der Paste zugesetzte Ölmenge wird also dem entstehenden Stoff wieder entzogen. Beim zweiten Arbeitsgang wird die Kohle demnach nicht mehr mit Teer, sondern mit Kohlenöl selbst vermischt. Der Zusatz eines fremden Öles ist also nur einmal, sozusagen zum Ankurbeln des Vorganges, notwendig; die aus dem Teer stammenden Anteile des ersten Kohlenöls verschwinden, wie die Untersuchungen gezeigt haben, schon nach wenigen Arbeitsgängen aus dem Enderzeugnis. Ein Schema der Aufarbeitung des Kohlenöls ist in Zahlentafel 8 gegeben.

Die hier angegebenen Ölmengen beziehen sich auf das Reinausbringen, d. h. sie sind berechnet nach Abzug der Mengen, die zur Herstellung der Paste verwandt werden müssen. Die Endzahlen sind demnach die Ausbeuten an verkaufsfähiger, raffinierter Ware. Als Ausgangsstoff ist hier eine normale Gasflammkohle gewählt. Die Stoffe sind in der Weise aufgearbeitet, daß der anfallende Ablauf durch Destillation von Wasser und leichten Bestandteilen befreit wird. Der Rest wird noch warm ausgeschleudert, er trennt sich dann sehr schnell in ein bei der angewandten Tempe-

Abb. 6. Schema der Einrichtung für Versuche mit ununterbrochenem Verfahren.

a Presse
b Aufheiz-Druckgefäß
c Reaktionsgefäß
d Wasserstoffpumpe
e Leitung für Reaktionserzeugnisse
f Kühlschlange
g Druckminderventil
h Auffanggefäß
i Gasbehälter

[1]) Ztschr. f. angew. Chemie Bd. 34 (1921) S. 341. Bergius, Neue Methode zur Verarbeitung von Mineralöl und Kohle

Zahlentafel 8. Ausbeuten bei Gasflammkohle.

1 t trockene Rohkohle (6 vH Asche)
zuzüglich Wasserstoff und Eisenoxyd

445 kg Öl | 210 kg Gas | 75 kg Wasser | 5 kg Ammoniak | 350 kg öl- und kohlenhaltiger Rückstand | 15 kg Verlust

Verkokung

80 kg Öl | 240 kg Koks (mit Asche) | 25 kg Gas | 5 kg Verlust

150 kg neutraler raff. Motortreibstoff (Siedegrenzen 30° bis 230°)
200 „ Diesel- und Tränköl
60 „ Schmieröl
80 „ Heizöl
35 „ Destillations- und Raffinationsverlust.

Abb. 10. Reaktionsgefäß, 8 m lang und 0,80 m innerer Dmr.

Abb. 7. Das Aufheiz- und das Reaktionsgefäß der Versuchsanlage.

ratur dünnflüssiges Öl und einen fast festen Rückstand, der die Asche, die nicht verflüssigte Kohle und dazu noch eine gewisse Ölmenge enthält. Dieser Stoff wird verkokt, liefert dabei Öl, Gas und aschenreichen Koks. Der Koks kann zur Heizung im Prozeß selbst verwandt werden. Das Öl wird in ähnlicher Weise aufdestilliert, wie es in der Petroleumindustrie üblich ist. Die sauerstoffhaltigen Verbindungen, die bei der Kohlenverflüssigung im Gegensatz zum Tieftemperaturteer, im wesentlichen Kresole sind, neben kleinen Mengen Karbolsäure und höherer Phenole, werden in bekannter Weise abgetrennt. Sie sind in Zahlentafel 8 im Imprägnieröl und im Heizöl eingerechnet. Wie man erkennt, entstehen neben Motortreibstoff, Diesel-, Imprägnier- und Heizöl beträchtliche Mengen von viskosen Ölen.

Über die chemische Natur der verschiedenen, in den Ölen enthaltenen Verbindungen sind umfangreiche Untersuchungen angestellt worden, deren Erörterung an dieser Stelle im einzelnen nicht möglich ist. Es mag nur das gesagt sein, daß die Benzine aus einem Gemisch von aliphatischen, aromatischen und hydroaromatischen Kohlenwasserstoffen bestehen. Olefine oder noch stärker ungesättigte Verbindungen, die in den Krackbenzinen stets zu finden sind und die Geruch, Farbe und Haltbarkeit des Benzins sehr ungünstig beeinflussen, sind in den Berginprodukten erklärlicherweise nicht vorhanden. Schon die von den Phenolen und den geringen Mengen organischer Basen befreite leichte Fraktion ist nur sehr wenig gefärbt und dunkelt auch nur wenig nach. Raffination mit einer sehr geringen Menge Schwefelsäure ergibt mit ganz geringem Stoffverlust hellfarbige, wohlriechende und in Farbe und Geruch haltbare Stoffe.

Abb. 8. Der maschinelle Teil der Versuchsanlage.

Vom Stickstoff der Kohle wird, wie man aus der Zahlentafel 8 ersieht, ein beträchtlicher Teil als Ammoniak gewonnen, der im Reaktionswasser gelöst ist. Der nicht als Ammoniak gebundene Stickstoff ist zum allergrößten Teil in Form von organischen Basen in dem Öl enthalten; nur geringe Mengen gehen, soweit bis jetzt festgestellt ist, als Elementar-Stickstoff verloren.

Abb. 9. Schema des ununterbrochenen Arbeitsverfahrens.

Die großtechnische Apparateanordnung.

Die in dem Bergin-Werk Mannheim-Rheinau errichtete großtechnische Anlage wurde ursprünglich durchgebildet, um den früher erwähnten Ölspaltvorgang durchzuführen. Die konstruktiven Arbeiten wurden schon im Jahre 1915 unter Mitarbeit von Herrn Geheimrat Riedler und Herrn Professor Löffler, Berlin, begonnen. Die Errichtung der Rheinauer Anlage begann im Jahre 1916. Die folgenden fünf Jahre waren notwendig, um die Konstruktionen praktisch auszuproben und um Betriebserfahrungen zu sammeln, die zu sehr häufiger Umgestaltung der ursprünglichen Anlage führten. Im Jahre 1922 war man soweit gekommen, daß der Ölspaltprozeß betriebstechnisch durchaus befriedigend durchgeführt werden konnte. Den größten Anteil an der technischen Durcharbeitung der Großanlage hatten die Herren Tillmann und Debo.

Die Arbeitsweise für den Großapparat ist grundsätzlich die gleiche, wie sie für den ununterbrochenen Arbeitsprozeß im halbtechnischen Maßstab geschildert worden ist. Der Bau einer Anlage für größere Mengen bot anfänglich außerordentliche Schwierigkeiten. Abgesehen von den Schwierigkeiten rein konstruktiver Art, wie die Herstellung druckdichter Verschlüsse, betriebsicherer Stopfbüchsen, der Ventile und besonders auch des sehr umfangreichen Meßgerätes zur Überprüfung der Anlage, mußte für eine Heiz- oder Temperaturregelanordnung Sorge getragen werden, die den recht temperaturempfindlichen Vorgang genau zu beherrschen erlaubte. Die Beheizung eines solchen Apparates von außen ist sowohl aus konstruktiven wie aus praktischen Gründen nicht möglich. Die Festigkeit des Eisens bei den Arbeitstemperaturen ist verhältnismäßig gering, und die drucktragende Wandung muß vor örtlichen Überhitzungen unbedingt gesichert werden. Das neue und für diesen Zweck besonders geeignete Heizverfahren beruht darin, daß als Wärmeübertrager ein verdichtetes, chemisch indifferentes Gas benutzt wird, das im Kreislauf von einer Umlaufpumpe dem Heizsystem zugeführt wird. Das Gas wird durch die das Reaktionsgefäß verlassenden Stoffe auf wärmewirtschaftlich sehr günstigem Wege vorgeheizt. Die noch fehlenden Wärmemengen werden in einem besonderen Ofen zugeführt. Das Heizgas strömt durch den Mantelraum des doppelwandig gestalteten Reaktionsgefäßes, in dem die Wärmeübertragung stattfindet. Nach Verlassen des Apparates strömt es durch geeignete Wärmeaustauschgeräte und fließt, ohne zu expandieren, abgekühlt der Umlaufpumpe zu. Mit diesem Heizverfahren gelingt es, die Temperatur wochenlang gleichbleibend zu halten.

Abb. 12. Kühl- und Kondensationsanlagen für die den Hochdruckapparat verlassenden Stoffe.

Die Rheinauer Anlage ist während einer Reihe von Jahren für den Ölspaltvorgang benutzt worden und, wenn die Betriebspausen abgerechnet werden, etwa ein Jahr lang gelaufen. Bemerkbare Schädigungen oder Anfressungen der Apparate sind nie eingetreten.

Die Arbeitstemperaturen sind etwa die gleichen, wie sie für den Kohlenverflüssigungsvorgang gebraucht werden. Der Druck, für den die Anlage gebaut ist, beträgt 120 at, während man beim Kohlenverflüssigungsvorgang am günstigsten mit 150 at arbeitet. Trotzdem der Apparat nicht mit dem für die Kohlenverflüssigung günstigsten Druck belastet werden konnte, schien es zweckmäßig, ihn für die Verarbeitung von Kohle umzubauen, indem man die Einrichtung für die Herstellung und das Einpressen der Kohlenpaste hinzufügte.

Nach diesem Umbau konnte im Frühjahr d. J. auch der Kohlenverflüssigungsvorgang in der Großapparatanlage durchgeführt werden mit einer Kohle, bei welcher der Arbeitsdruck von 120 at für den Prozeß ausreichend war. Es konnte festgestellt werden, daß die Anlage durchaus befriedigte und die Ergebnisse denen der ununterbrochen arbeitenden kleinen Anlage entsprachen. Der Durchsatz der Großanlage war begrenzt durch die Leistung der in Rheinau vorhandenen Wasserstoffabrik. Er betrug 5 t

Abb. 11. Presse zur Einführung der Kohlenpaste in das Reaktionsgefäß.

Abb. 13. Pumpenanlage des Maschinenhauses.

Kohlen in 24 h. Gemäß der Volumenleistung der kontinuierlichen halbtechnischen Anlage hätte der in Rheinau vorhandene Apparat 20 t an einem Tage leisten können, wenn genügend Wasserstoff hätte zugeführt werden können.

Für später zu errichtende Anlagen kommt natürlich nur ein Betriebsdruck von 150 at in Frage. Konstruktiv bedeutet eine solche Änderung praktisch keinen Unterschied gegenüber dem bisher benutzten Verfahren.

Die technische Möglichkeit der Durchführung der Kohlenverflüssigung ist in den drei verschiedenen Stufen klargestellt worden. Um aber den Vorgang auch wirtschaftlich möglich zu machen, war eine Grundfrage zu lösen, nämlich die Herstellung billigen W a s s e r s t o f f e s. Würde man für den Kohlenverflüssigungsvorgang so reinen Wasserstoff brauchen, wie er für die verschiedenen Kontaktverfahren, für die Ammoniaksynthese und die Fetthärtung erforderlich ist, so würde das Verfahren durch den immerhin beträchtlichen Verbrauch an Wasserstoff recht teuer werden. Die Anwendung reinen Wasserstoffes ist aber bei der Kohlenverflüssigung vollkommen überflüssig. Wie mehrfach erwähnt, ist die Anwendung von Katalysatoren beim Prozeß nicht erforderlich. Es ist nur notwendig, daß das angewandte Gas einen genügend hohen Partialdruck an Wasserstoff hat. Selbst ein Gas mit nur 80 vH Wasserstoff ist ausreichend, und die chemische Natur der verunreinigenden Gasbestandteile ist, soweit es sich um die üblichen Verunreinigungen von Wasserstoff handelt, gleichgültig. So kann z. B. als Hydriergas ein Kokereigas benutzt werden, das in der letzten Phase der Gahrungsperiode abgezogen ist, und das etwa 80 vH Wasserstoff enthält. Wenn man aber bei der Durchführung der Kohlenverflüssigung auf die Verwendung eines wasserstoffreichen Kokereigases angewiesen wäre, würde das Verfahren nur eine sehr beschränkte Anwendung finden können. Es war deshalb wesentlich, ein Wasserstoff-Erzeugungsverfahren zu finden, das, unabhängig von andern Produktionen, eine billige Herstellung des Reaktionsgases ermöglicht. Es gelingt, durch geeignete Behandlung des bei der Reaktion entstehenden kohlenwasserstoffhaltigen Gases mit Wasserdampf bei hohen Temperaturen mehr als die erforderliche Menge Wasserstoff herzustellen. Dies Verfahren ist deshalb wirtschaftlich günstig, weil es außer dem beim Prozeß selbst entstehenden Gas nur verhältnismäßig geringe Mengen Heizkohle erfordert. Bei Anwendung dieses Gasspaltverfahrens der Wasserstoffherstellung gestaltet sich der Kohlenverflüssigungsvorgang nach dem in Abb. 9 gegebenen Schema.

Anwendungen des Verfahrens sind auch denkbar durch Vereinigung mit Kokereianlagen und Gasanstalten. Im Anschluß an Kokereianlagen kann niedrigwertiges Kokereigas als Wasserstoffquelle verwandt werden und das hochwertige Reaktionsgas für Ferngasversorgung. In Vereinigung mit städtischen Gasanstalten kann das Reaktionsgas günstig verwertet werden, während der Wasserstoff sich aus dem häufig schwer verkäuflichen Koks der Gasanstalten nicht allzu teuer herstellen läßt, da keine besondere Reinheit von ihm verlangt wird.

Als R o h s t o f f für das Verfahren braucht man also, wie man sieht, einzig und allein K o h l e n : Kohlen für die Reaktion, Kohlen zum Heizen und Kohlen zur Krafterzeugung. Denn der Wasserstoff läßt sich immer wieder aus dem Reaktionsgas gewinnen. Neu zugeführt werden müssen nur die Kohlen. Neben den Löhnen, die keine große Rolle spielen, da der Betrieb weitgehend mechanisiert ist, und neben der Abschreibung der Anlage ist der Preis der Kohlen entscheidend für den Preis des Öls. Je nach den Eigenschaften der eingesetzten Kohlen verbraucht man insgesamt für 1 t fertiger Öle 2 bis 3 t Kohlen. Da nun gerade die in den meisten Kohlenbezirken schwer absetzbare und daher billig erhältliche Staubkohle zur Hydrierung besonders geeignet ist, liegen die wirtschaftlichen Voraussetzungen für den Kohlenverflüssigungsprozeß durchaus günstig.

Abb. 10 bis 15 geben eine Anschauung von der Großanlage in Rheinau, die Bildunterschriften dürften zur Erläuterung genügen. [B 944]

Abb. 14 und 15. Ansicht des Zentralbedienungsraumes, wo alle Meß- und Regelvorrichtungen untergebracht sind, und von dem aus die ganze Anlage bedient wird.

RUNDSCHAU.

Luftfahrt.

Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt.

Vom 9. bis 12. September d. J. hielt die Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt unter lebhafter Beteiligung die 14. ihrer ordentlichen Mitgliederversammlungen ab, die sich im Laufe der Jahre zu regelmäßigen Zusammenkünften aller am Gedeihen wissenschaftlicher Forschung beteiligten Kreise des Deutschen Reiches herausgebildet haben. Die Zahl der angemeldeten Vorträge war wieder sehr groß, so daß an dieser Stelle nur über einige von ihnen ausführlicher berichtet werden kann. Dr.-Ing. C. Dornier sprach über neue Erfahrungen im Bau und Betrieb von Metallflugzeugen. Neben einigen Mitteilungen über die Ergebnisse zehnjähriger Versuche über den Einfluß von Meerwasser auf Duraluminschwimmer von Wasserflugzeugen, bei denen sich namentlich die glatten Flächen auch ohne Schutzanstrich als sehr widerstandsfähig erwiesen haben, behandelte der Redner einige konstruktive Fragen, z. B. die verhältnismäßig geringe Ausnutzung des Metalls bei seiner Verwendung als tragende Außenhaut von Flügeln, wofür er selbst die erste Bauart mit glatter Außenfläche angegeben hat, ferner den Einfluß des Verhältnisses von Länge zu Breite eines Flügels, das bei freitragenden Flügeln von rechteckiger Form nicht über 1 : 6 gesteigert werden dürfe, weil sonst die elastische Durchbiegung der Flügelholme wegen des gegebenen Verhältnisses von Kraglänge zu Höhe des Flügelholmes zu groß werde. Im Zusammenhang mit der Entwicklung des Baues von Metallflugzeugen in und außerhalb Deutschlands erwähnte der Vortragende namentlich sein Seeflugzeug „Wal", das als freitragender Eindecker mit zwei auf dem Flügel angeordneten Motoren gebaut ist und wegen seiner hohen Seefähigkeit und seiner besonders günstigen aerodynamischen Eigenschaften auch im Auslande guten Ruf erlangt hat. An den Entwürfen für Großflugzeuge werde unablässig gearbeitet; schon heute seien alle technischen Voraussetzungen für den erfolgreichen Bau von Riesenflugzeugen mit 4000 kg Nutzlast und mehreren 1000 PS Leistung vorhanden.

Ministerialrat Brandenburg sprach sodann über die Lage der deutschen Luftfahrt, wobei er gewissermaßen die Ansichten der Regierung über die Entwicklung der Fragen des Luftverkehrs, der heute im Deutschen Reich über 42 Flugplätze, 37 Wetterwarten und 17 Funkstellen verfügt, über die Ausbildung des Nachwuchses an Flugzeugführern und über die Aufgaben der Forschung auf diesem Gebiete mitteilte. Besonders erfreulich waren hierbei die anerkennenden Worte des Vortragenden über die Leistungen der deutschen Wissenschaft, namentlich der Anstalten in Adlershof und in Göttingen. Als wichtigste Aufgaben der deutschen Luftfahrtindustrie kennzeichnete der Vortragende die Schaffung des schweren Rohölmotors sowie die Verbesserung des vorhandenen Kleinmotors für 60 bis 160 PS, die Entwicklung eines Fliegermeßgerätes, das dem Flugzeugführer die Aussicht auf den Erdboden entbehrlich macht, und die Hebung der Seetüchtigkeit der Wasserflugzeuge. Es sei Hoffnung vorhanden, daß für zahlreiche Wettbewerbe zur Förderung dieser Fortschritte Mittel bereitgestellt werden können.

A. Baeumker behandelte den Stand des Flugwesens im Ausland unter dem Gesichtspunkte Zweckgedanken im ausländischen Flugzeugbau. Der überwiegende Einfluß, den im Auslande Fragen der militärischen Verwendbarkeit der Flugzeuge ausüben, habe die von diesem Einfluß freie Entwicklung in Deutschland in bezug auf die Leistungsfähigkeit im Bereich des Verkehrswesens dem Auslande gegenüber überlegen gemacht. So werde die Entscheidung zwischen Stahl und Duralumin als Baustoff in England zugunsten von Stahl, in Frankreich zugunsten des Duralumins durch die Erwägung beeinflußt, daß im Falle der Absperrung der Grenzen die Rohstoffe für seinen Flugzeugbau möglichst im Inlande beschafft werden können. Auch bei den Motoren sind die hohen Leistungen, die im Ausland erreicht wurden, nur durch die Bedürfnisse der militärischen Luftfahrt zu erklären, weil die heutige Verkehrsluftfahrt vorerst weder für sehr große Flughöhen noch für sehr hohe Einzelleistungen Verwendung habe.

Besonderes Interesse erweckten ferner die Vorführungen von Prof. A. Behm über das Behm-Lot als akustischer Höhenmesser. Das bereits bekannte Verfahren des Erfinders, aus der Zeit, die zwischen der Abgabe eines Schallzeichens und der Ankunft der vom Boden zurückgeworfenen Schallwelle vergeht, die Entfernung des Bodens von der Abgabestelle des Zeichens zu bestimmen, wird neuerdings in der Weise ausgeführt, daß die Abgabe des Schallzeichens ein Anzeigerad in Drehung versetzt, das beim Einlangen der Echowelle abgebremst wird. Auslösung und Abbremsung des Rades erfolgen sehr einfach durch Anker von Elektromagneten. Nachdem das Echolot in dieser Form auf dem Zeppelin-Luftschiff erprobt worden war, ist es auch gelungen, ein für die Tiefenanzeige im Flugzeug geeignetes auszuarbeiten, womit demnächst praktische Versuche angestellt werden sollen.

Von den Veranstaltungen des zweiten Tages verdient der Vortrag von Ing. Herrmann über technische Gegenwartsfragen im deutschen Flugzeugbau insbesondere deshalb Erwähnung, weil er anscheinend einen bisher wenig beachteten Weg zur Verbesserung der heutigen Flugzeuge angibt. Der Vortragende weist nämlich nach, daß der heutige Eindecker mit freitragendem Flügel mit Bezug auf das Flügelgewicht dem verspannten Doppeldecker gegenüber im Nachteil ist. Wendet man aber das Verfahren des Spaltflügels auf den Eindecker an, so kommt man mit halb so großer Flügelfläche aus. Ein Flugzeug dieser Art haben die Udet-Flugzeugwerke gebaut. Wertvoll waren ferner auch die Hinweise auf die Verminderung des Luftwiderstandes durch Anwendung von Druckschrauben, bei denen man vermeiden kann, daß Luftströme von hoher Geschwindigkeit gegen Flugzeugteile stoßen, durch Einbau der Abfederung in Rumpf oder Räder, wo sie keinen Luftwiderstand erzeugen kann, und auf den Wasserwiderstand von Flugzeugschwimmern. Im Anschluß hieran erläuterte Dr.-Ing. Lachmann, wie man durch eine neuartige Anwendung des Spaltflügels absturzsichere Flugzeuge, und zwar solche bauen kann, die, auch wenn sie in der Kurve überzogen werden, nicht abzustürzen brauchen. Er führt die große Zahl von Flugunfällen, bei denen das Flugzeug während des Aufstieges in der Kurve überzogen wurde, darauf zurück, daß dabei die Steuerwirkung der Seiten- und Querruder versagt, und kuppelt daher das Querruder mit einem an der Vorderkante des Tragflügels liegenden Hilfsflügel derart, daß sich beim Senken der Ruder der Schlitz öffnet, dagegen beim Heben der Ruder der Schlitz geschlossen bleibt.

Dr.-Ing. Madelung führte dann Abbildungen der Leichtflugzeuge vor, die an dem diesjährigen Wettbewerb um den Otto-Lilienthal-Preis, dem ersten flugtechnischen Wettbewerb seit 1913, teilgenommen hatten, und berichtete ausführlich über die Verfahren bei der Durchführung der Messungen und der sehr schwierigen Wertung der Meßergebnisse. Den höchsten Preis im Betrage von 25 600 ℳ errang das Flugzeug der Daimler-Motoren-Gesellschaft, das auch schon bei dem Rundflug durch Deutschland die besten Leistungen erzielt hatte.

Aus dem von Prof. Schütte verlesenen Geschäftsbericht sei hervorgehoben, daß sich die Mitgliederzahl des Vereines, die über 800 beträgt, seit Anfang 1919 verdoppelt hat. Der bisherige Vorstand wurde wiedergewählt. [N 945] Dr. Heller.

Eisenbahnwesen.

Kohlenstaub-Förderwagen.

Einen von der Firma Siegener Eisenbahnbedarf-A.-G., Siegen, hergestellten Wagen zeigen Abb. 1 bis 3. Das Eigengewicht des Wagens beträgt 14,5 t, das Ladegewicht 15,5 t bei einem Inhalt von 33 m³. In ihm kann feinstgemahlener Kohlenstaub, wie auch solcher von 2 bis 3 mm Korngröße befördert werden. Auf dem Untergestell, das den Vorschriften der Deutschen Reichsbahn entsprechend gebaut ist, liegt mit diesem fest verbunden der wagerecht angeordnete Behälter *a* in Zylinderform mit kegelförmigen Böden und kegelförmigen Entladetrichtern *b* und *c* am Fuße des Kessels, der für die Aufnahme des Kohlenstaubes vollständig geschlossen und druckfest ist. Bei dieser Behälterform wird eine vollständige und restlose Entladung des ganzen Wagens ermöglicht und eine kräftige Verbindung des Behälters mit dem Untergestell bei gleichzeitiger guter Längsversteifung des ganzen Wagens gewährleistet.

Abb. 1 bis 3. Kohlenstaub-Förderwagen der Siegener Eisenbahnbedarf-A.-G., Siegen.

Der Behälter kann auf mechanischem Weg aus den Bunkern durch die auf dem Behälter angebrachten Ladeöffnungen *d*, *e*, *f* beladen werden; diese sind so verteilt, daß eine vollständig gleichmäßige Beladung des Behälters bewirkt wird. Man kann aber auch Druckluft benutzen, indem die Druckluftleitung an eine der vorgesehenen Beladeöffnungen angeschlossen wird. Zur Entladung dient Druckluft, wozu der Wagen mit einer Druckluftleitung *g* und einer Abfülleitung *h* für den Kohlenstaub versehen ist. An den Enden der Leitungen angebrachte verschließbare Schlauchkupplungen ermöglichen den Anschluß der Entladestellen mittels Schläuche an die ortfesten Druckluft- und Staubleitungen. Je nach dem Standort der ortfesten Aufnahmebehälter für den Kohlenstaub wird für die Entladung des Kohlenstaubwagens Druckluft von 2 bis 3 at in den Wagenbehälter eingeleitet, die bei der von der Firma erprobten Druckluftentleerung zunächst den Kohlenstaub im Behälter auflockert und dann durch die Abfülleitung in die ortfesten Aufnahmebehälter abdrückt. Ein an dem Wagen angebrachtes Manometer gibt die Möglichkeit, in jedem Augenblick die Höhe des in dem Behälter vorhandenen Luftdruckes festzustellen und einzuregeln. Ein Sicherheitsventil begrenzt den Luftdruck in einer für den Behälter festgelegten Höhe. [M 49] Przygode.

Baustoffe.

Die Widerstandsfähigkeit feuerfester Baustoffe gegen Temperaturwechsel.

Die Empfindlichkeit der keramischen Körper gegen plötzlichen und raschen Temperaturwechsel ist nicht nur von ihrer chemischen Zusammensetzung, sondern auch von der physikalischen Beschaffenheit und Form abhängig. Quarzglas z. B. ist außerordentlich wenig empfindlich; es verträgt das Eintauchen in Wasser in glühendem Zustand. Magnesitsteine dagegen sind sehr empfindlich gegen jeden Temperaturwechsel; selbst bei langsamem Erhitzen sind Risse und Spalten an den Steinen zu bemerken. Ebenso verhalten sich Silikasteine. Porzellan hingegen ist wieder sehr widerstandsfähig, wenn die geformten Gegenstände dünnwandig sind und ihre Gestalt der Kugelform ähnlich ist. Man kann die Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturwechsel[1]), da sie eben von der Form abhängig ist, also nicht als eine unveränderliche Eigenschaft eines bestimmten keramischen Stoffes ansprechen. Sie kann nur als relative Zahl ermittelt werden im Vergleich mit andern Werkstoffen der gleichen Form.

Bisher benutzte man die summarischen Verfahren zur Messung der Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Temperaturwechsel. Man wog die Menge des von den Steinen abgesprungenen Stoffes, wenn

[1]) Vergl. „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 251

Zahlentafel 1. Verhältnismäßige Temperaturempfindlichkeit feuerfester Werkstoffe.

Werksto	Anzahl der Abschreckversuche im Luftstrom nach Erhitzen auf 1350 °C	Verlust durch Abspringen in vH
Karborund, mit Ton eingebunden	10	6
Bauxitstein	10	43
Zirkonoxydstein	10	53
Schamottestein, Güte A	10	9
„ „ B	10	65
„ „ C	10	90
Chromitstein	7	100
Silikastein	4	100
Magnesitstein	3	100

man sie langsam und ohne Temperatursprünge auf eine bestimmte Temperatur erhitzte und dann plötzlich abkühlte. Durch die schnelle Abkühlung wurde das Gefüge des Steines gelockert, und einzelne Teile, besonders die scharfen Kanten der meist als Proben verwendeten Normalsteine, sprangen ab. Ebenso wurde dann die Abnahme der mechanischen Festigkeit beobachtet. Aus diesen Werten ergab sich ein einigermaßen genaues Bild. In Zahlentafel 1 sind die Ergebnisse für verhältnismäßige Temperaturempfindlichkeit feuerfester Werkstoffe angegeben. Die genauen Verfahren ergeben absolute Zahlen. Aus dem Gebiete des Glases ist die Formel von Winkelmann und Schott übernommen, die den theoretischen Begriff des thermischen Widerstandsbeiwertes umschreibt; dieser hat die Dimension cm $s^{-1/2}$.

$$\text{Thermischer Widerstandbeiwert} = \frac{\text{Zugfestigkeit} \sqrt[2]{\text{absol. Wärmeleitvermögen}}}{\text{Ausdehnungsbeiwert} \times \text{Elastizitätsmodul} \sqrt[2]{\text{spez. Gewicht} \times \text{spez. Wärme}}}$$

Die Gültigkeit dieser Gleichung für keramische, gesinterte Massen ist nachgeprüft und erwiesen. Inwieweit sie auch für ungesinterte, keramische Stoffe in Betracht kommt, steht noch dahin.

Es ist nun durch verschiedene Untersuchungen festgestellt, daß Widerstandsfähigkeit als Ursache entweder Gefügeänderungen hat, oder daß der hohe Wärmeausdehnungsbeiwert die Schuld an der hohen Empfindlichkeit trägt.

Die Gefügeänderungen sind hauptsächlich bei den Silikasteinen zu beachten. Der den Rohstoff bildende Quarzit wandelt sich beim richtigen Brennen der Silikasteine zum größten Teil in Kristobalit um und zu einem geringeren Teil in Tridymit. Die drei allotropen Formen Quarz, Kristobalit und Tridymit treten wieder je in zwei verschiedenen Arten auf, die bei bestimmten Temperaturen nicht veränderlich sind und sich an den Grenzen der Temperaturbereiche beim Erhitzen oder Abkühlen wechselseitig ineinander umwandeln. Diese Umwandlungen sind mit plötzlichen Volumenänderungen verbunden, die je nach der betreffenden Art verschieden groß sind. Am meisten ändert sich der Kristobalit bei seiner Umwandlung von der α- in die β-Form bei 230 °C. Diese Volumenänderung ist auch die Ursache der großen Empfindlichkeit der Silikasteine (Zunahme des Volumens rd. 3,5 vH). Bei schlecht gebrannten Steinen, die noch nicht völlig umgewandelten Quarz enthalten, ist auch noch die Umwandlung des Quarzes von der α- in die β-Form störend, die bei etwa 575 °C eintritt (Längenzunahme 0,45 vH). Die Umwandlung α/β-Tridymit verläuft mit einer nur geringen Längenänderung.

Abb. 2 und 3. Siegener Kohlenstaub-Förderwagen.
a Behälter *b*, *c* kegelförmige Entladetrichter *d*, *e*, *f* Ladeöffnungen *g* Druckluftleitung *h* Abfülleitung für den Kohlenstaub.

Ein nur aus Tridymit bestehender Silikastein wird also am widerstandsfähigsten gegen Temperaturwechsel sein. Auch Schamottesteine mit einem hohen Gehalt an freier Kieselsäure sind ebensowenig widerstandsfähig gegen Temperaturschwankungen.

Magnesit soll nach Mellor ebenfalls in zwei verschiedenen Arten auftreten. Inwieweit diese Umwandlungen auch auf die hohe Empfindlichkeit der Magnesitsteine Einfluß haben, ist noch nicht recht ermittelt. Der hohe Ausdehnungsbeiwert der Magnesia scheint wohl die Hauptursache zu sein.

Da aber auch die Umwandlungen der Kieselsäureabarten auf Änderungen der Wärmeausdehnungsbeiwerte zurückzuführen sein dürften, ist die Möglichkeit gegeben, durch Messung der Wärmeausdehnungen auf die Beschaffenheit und Widerstandsfähigkeit der Stoffe Rückschlüsse zu ziehen. Bei Messung der Wärmeausdehnung von einem Temperaturbereich zum nächst höheren wird bei Tonen ohne störende Quarzbeimengungen die Schaulinie der Ausdehnungsbeiwerte stetig steigen. Tritt aber irgendeine Artenänderung ein, wird sich dies auch in der Änderung der Ausdehnungsschaulinie bemerkbar machen.

Dr. Steger konstruierte nun ein Gerät zur Messung der Wärmeausdehnung, das sich an das bekannte Fueßsche Fühlhebelgerät anlehnt. Die Längenänderung wird durch mechanische Mittel vergrößert, so daß sie an einer Skala abgelesen werden kann. Auf einer eisernen Grundplatte steht ein elektrischer Röhrenofen mit Chromnickeldrahtwicklung. Der Probekörper von 75 mm Länge steht zwischen zwei Stempeln aus Quarzglas, die wassergekühlte Köpfe haben, um schädliche Wärmeübertragungen vom Ofen auf die andern Teile des Gerätes zu verhindern. Eine neben dem Ofen angeordnete Säule trägt zwei Arme mit je einer Schneide, die so zueinander verschoben sind, daß ein Zeigerstab, der sich zwischen ihnen befindet, je nach dem von dem Quarzdruckstempel auf die untere Schneide übertragenen Druck bei der Ausdehnung des Körpers, zwischen den Schneiden pendelnd, bewegt wird. Der Zeiger spielt auf einer in Millimeter geteilten Skala. Die Vergrößerung der Längenänderung ist bei den Abmessungen des Gerätes rd. 148fach. Die Genauigkeit der Messungen ist ausreichend. Die obere Fehlergrenze kann mit 10 vH angenommen werden. Mit dem Gerät wurden von den zu prüfenden Massen stets die mittleren linearen Wärmeausdehnungsbeiwerte in folgenden vier Temperaturbereichen gemessen: 15 bis 300°, 300 bis 500°, 500 bis 600°, 600 bis 750 °C. Diese wurden deshalb gewählt, damit die starken Längenänderungen der Probekörper bei den Quarz- und Kristobalitumwandlungen zu erkennen waren. Alle Meßergebnisse wurden auf den mittleren linearen Wärmeausdehnungsbeiwert β, also auf 1 cm Länge und 1 °C Temperaturunterschied umgerechnet.

Die Meßergebnisse wurden zeichnerisch so dargestellt, daß die mittleren Wärmeausdehnungsbeiwerte in den vier Temperaturbereichen als vier Säulen aufgezeichnet wurden, deren Länge dem 10^7fachen Wert des Ausdehnungsbeiwertes entsprach. Sind die Säulen niedrig, ist also der Wärmeausdehnungsbeiwert absolut klein und sind die Höhenunterschiede der Säulen nur gering, so wird, eine mittlere Durchlässigkeit vorausgesetzt, auch die Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel gering sein. Absolut große Wärmeausdehnungen jedoch und starke Unterschiede des Beiwerts in verschiedenen Temperaturgebieten deuten auf große Empfindlichkeit.

Es wurde nun gefunden, daß bei Schamottesteinen die Menge, Korngröße und Kristallform der Kieselsäureabarten einen großen Einfluß haben. Auch bei Silikasteinen ist durch die bei etwa 230 °C einsetzende α/β - Kristobalitumwandlung die Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel bedingt. Die Größe der Längenänderung der Säulen der graphischen Darstellung bei einem keramischen Körper bei Anwesenheit von Quarz im Temperaturgebiet zwischen 500 und 600 °C hängt stark von der Korngröße des Quarzes ab. Sie ist um so größer, je feiner der Quarz ist. Gutgebrannte Silikasteine sind oberhalb 600 °C widerstandsfähig gegen Temperaturwechsel. Es trifft also die allgemeine Ansicht über die Temperaturempfindlichkeit von Silikasteinen keinesfalls für alle Temperaturbereiche zu. Durch die Messungen ist erwiesen, daß es nicht nötig ist, die zuerst beschriebenen Abschreckversuche bei allzu hohen Temperaturen vorzunehmen. Man kann den Versuch dadurch verfeinern, daß man das Abschrecken nach dem Erhitzen auf 650° und 350 °C vornimmt und auf diese Weise feststellt, ob der Körper bis auf 230° oder 575 °C unempfindlich gegen Temperaturwechsel ist. [N 366] E. P. Bauer †.

Abb. 4 Elektrodengefäß des Gerätes für Aschenbestimmung.

a Glasgefäß
b Platinelektroden
c Gummistopfen mit Bohrungen
d Thermometer
e Entlüftungsrohr
f Trichter
g Gummischlauch
h Platindrähte
i Glasnäpfchen
k Drähte
l Klemmen
m Holzdeckel
n Kühlwasserzufluß
o Kühlwasserabfluß
p mit Glas verkleidete Schlitze.

Abb. 5. Meßbrücke des Gerätes für Aschenbestimmung.

c zu untersuchende Lösung
i Wechselstrominduktor
r feste Widerstände
t Telephon
w veränderliche Widerstände.

Chemische Apparate.

Neues Gerät zur Aschenbestimmung von Zuckerlösungen.

Die Verwendung der Elektrizität in der Zuckerindustrie [1]) beschränkt sich nicht nur auf die Entnahme von elektrischer Energie. Auch bei den Meß- und Prüfverfahren findet die Elektrizität Eingang, da mit ihrer Hilfe mit größerer Genauigkeit Prüfungen viel schneller ausgeführt werden können, als mit den bisher üblichen chemischen Verfahren. Im folgenden soll ein neues Gerät beschrieben werden, das es gestattet, den Aschengehalt von Erzeugnissen der Zucker- oder Seifenindustrie schnell und genau festzustellen.

Die chemische Bestimmung des Aschengehaltes von Erzeugnissen der Zuckerfabriken ist ziemlich umständlich und erfordert gut geschulte Kräfte. Mehrere Wägungen sind auf $^1/_{10}$ mg genau zu machen. Die Verkohlung mit konzentrierter Schwefelsäure erfordert infolge der auftretenden Blähung viel Geschick. Darauf wird durch Glühen etwa eine Stunde lang bei 750 °C verascht und dann möglichst genau gewogen. Die dabei erzielte Genauigkeit beträgt etwa 3 vH, d. h. bei Zucker von 1 vH Aschengehalt 0,03 vH.

Dem neuen Apparat, der von Dr. F. Tödt im Institut für Zuckerindustrie angegeben wurde, liegt der Gedanke zugrunde, daß die Leitfähigkeit $\varkappa$ eines Elektrolyten wesentlich von seiner Verunreinigung abhängt. Die Grundlagen für diese Bestimmung sind bereits 1910 von Dr. Lange im Institut für Zuckerindustrie ausgearbeitet worden[2]).

An einigen hundert Rohzuckererzeugnissen, die als Schiedsanalysen im analytischen Laboratorium des Instituts genau auf den Aschengehalt untersucht wurden, stellte Lange für jede Leitfähigkeit den Aschengehalt fest und stellte das Ergebnis seiner Untersuchungen in Tafelform zusammen. Unter Asche versteht man in der Zuckerindustrie den Gehalt an anorganischen Salzen.

Die erforderliche Einrichtung besteht aus dem Elektrodengefäß, Abb. 4, und einer Wheatstoneschen Brücke, die fertig eingebaut geliefert wird. Zuerst bestimmt man die Widerstandskapazität C des Elektrodengefäßes, mißt, wie bekannt, mit der Brücke den Widerstand R, rechnet daraus nach der Gleichung $C = \varkappa \cdot R$ den spezifischen Widerstand $\varkappa$ aus und findet dann aus den Zahlentafeln von Lange den Aschengehalt in vH. Das Elektrodengefäß besteht aus dem Glasgefäß *a*, in das die beiden Platinelektroden *b* eingeschmolzen sind. Das Gefäß ist oben durch einen dreimal durchbohrten Gummistopfen *c* verschlossen. Durch den Gummistopfen durchgeführt sind: ein in $^1/_{10}$ °C geteiltes Thermometer *d*, ein Entlüftungsrohr *e* und ein Trichter *f* zum Einfüllen der zu untersuchenden Lösung. Zum Ablassen der Lösung ist das Gefäß *a* unten in ein Rohr ausgezogen, über das ein Gummischlauch *g* gestreift ist, der durch einen Quetschhahn verschlossen wird. Von den Elektroden *b* führen Platindrähte *h* zu kleinen, mit Quecksilber gefüllten Glasnäpfchen *i*, in die die von den Klemmen *l* kommenden Drähte *k* eintauchen. Das Ganze ist wasserdicht in einen Metallblechmantel eingesetzt, der oben und unten durch einen Holzdeckel *m* verschlossen wird; *n* bzw. *o* sind Zu- und Abfluß für Kühlwasser. Zwei auf einander gegenüberliegenden Seiten angebrachte Schlitze *p*, die mit Glas verkleidet sind, erlauben das Beobachten des Thermometers während der Messung.

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 44.
[2]) Lange, Das elektrische Leitvermögen unreiner Zuckerlösungen und die Verwendung desselben zur Aschebestimmung von Zuckerfabrik-Produkten. Z. d. V. d. deutschen Zuckerindustrie Bd. 60 (1910) S. 359.

Abb. 6. Gerät zur Aschenbestimmung von Zucker- und Seifenerzeugnissen.

Die Meßbrücke, deren Schaltschema Abb. 5 zeigt, ist, damit Polarisation nach Möglichkeit vermieden werde, mit Wechselstrom zu betreiben, den ein Induktor i liefert. c ist die zu untersuchende Lösung, t das Telephon, das auf Schweigen gestellt wird durch Verändern von w. Ist dies erreicht, wird an w unmittelbar auf einer Skala der Aschengehalt in vH abgelesen.

Zur Nachprüfung der Messungen ist an den veränderlichen Widerständen w noch eine Ohmskala angebracht. Soll also das Gerät nachgeprüft werden, so füllt man in das Elektrodengefäß etwa $^1/_{100}$ bis $^1/_{200}$[1]) normales Kaliumchlorid[2]). Das Lichtbild, Abb. 6, zeigt die ganze Einrichtung aufgebaut.

Das Gerät erlaubt die Bestimmung des Aschengehaltes gegenüber dem chemischen Verfahren in etwa einem Zehntel der Zeit mit mindestens der dreifachen Genauigkeit. Man kann Dünn-, Mittel- und Dicksäfte verwenden. Man nehme etwa 100/Brix[3]) bis 50/Brix mal 5 g Saft auf 100 cm^3 destilliertes Wasser, um in den Grenzen des Gerätes zu bleiben und die für genaue Ergebnisse erforderliche Dissoziation der Salze zu veranlassen. Will man aber, im Betrieb z. B., nicht wägen, sondern messen, so sind die gemessenen Kubikzentimeter mit γ, dem spezifischen Gewicht des Saftes, zu vervielfachen, damit die Anzahl g erhalten wird.

Die Vorteile, die diese Einrichtung bietet, sind also: statt mehrerer, auf $^1/_{10}$ mg genauer, ist nur eine auf 5 mg genaue Wägung nötig; dann kann augenblicklich ohne lange Rechnung abgelesen werden. [M 669] Ebl.

Der Wärmeübergang bei kondensierendem Heißdampf.

Berichtigung. In dem Aufsatz in Z. Bd. 69 (1925) Nr. 27 ist folgendes zu berichtigen: 1. In Gl. 40 S. 908 ist zu setzen $d\,\vartheta$ statt $d\,t$, ebenfalls Z. 4 v. u.; 2. S. 907, Z. 33 v. u. muß heißen: nimmt aber die Wand nur die Wärmemenge $\frac{Q'}{2}$ ab; 3. S. 907, Z. 13 v. u. muß es heißen: $\left(\frac{d\,\vartheta}{d\,y}\right)'$ statt $\left(\frac{d\,\vartheta}{d\,y}\right)$. [N 1007].

---

[1]) $^1/_{100} = 0{,}7456$ g/l, $^1/_{200} = 0{,}3728$ g/l.
[2]) Bereitung und Leitfähigkeit siehe Fr. Kohlrausch und Holborn, Leitvermögen der Elektrolyte, B. G. Teubner, Leipzig, S. 76 u. 77.
[3]) Brix = vH Trockensubstanz.

Kleine Mitteilungen.

Neue Quecksilberdampf-Kraftanlage.

Im Elektrizitätswerk Dutch Point der Hartford Electric Light Co., U. S. A., hat man nach erfolgreicher Erprobung einer einstufigen Quecksilber-Dampfturbine für 1800 kW eine dreistufige für 9000 kW in Betrieb genommen, die auch eine neuartige Kesselanordnung aufweist. Der Kessel ist ein Teilkammerkessel mit senkrechten Rohren, bei dem die einzelnen Teilkammern ohne Störung des Gesamtbetriebes zum Säubern und Ersetzen durch neue herausgenommen werden können. Jedes einzelne Rohr hat seinen eigenen Kreislauf. Zur Überhitzung des Dampfes sind in den Oberteilen der einzelnen Kesselabschnitte gekrümmte Rohre eingebaut, deren wärmeaufnehmende Oberfläche durch eine in Schraubenlinie verlaufende Rille vergrößert ist.

Die Anlage arbeitet unter 5 at Betriebsdruck gemeinsam mit einer Dampfturbinenanlage für 12 000 kW bei rd. 38 at. Man hofft, mit der neuen Quecksilberdampfanlage 70 vH Wirkungsgrad der Turbine zu erreichen. („Electrical World" 26. September 1925 S. 607*.) [N 1023 a] Sd.

Umbau der Kraftanlage einer Papierfabrik.

Durch Umstellung ihres gesamten Betriebes auf rein elektrischen Antrieb der Papierverarbeitungsmaschinen hat die National Paper Products Co. in ihrem Werk Stockton, Cal., bedeutende Wärmeersparnis erzielt. Die neue Kraftanlage besteht aus einer Zwillings-Gleichstromdampfmaschine von 610 mm Zyl.-Dmr. und 1220 mm Hub, die mit Gegendruck arbeitet und mittels einer elektrischen Fernsteuerung so geregelt wird, daß die gelieferte Abdampfmenge dem Bedarf der Fabrik entspricht, sowie einer Kondensations-Turbodynamo, deren Aufgabe es ist, etwaigen Mangel an Betriebskraft auszugleichen. Da die Anlage früher nur mit 12,6 at arbeitete, hat man drei von den älteren Dampfkesseln durch neuzeitliche Wasserrohrkessel für 21 at ersetzt, die die Gleichstrom-Dampfmaschine speisen, während der Dampf der alten Kessel für die Turbodynamo und die andern älteren Maschinen verwertet wird. Die neuen Kessel haben Ölfeuerung und arbeiten so selbsttätig, daß jede Schicht von einem einzigen Wärter und einem Gehilfen versorgt werden kann. Die Verbesserung des Werkes in wärmewirtschaftlicher Hinsicht ergibt sich daraus, daß man jetzt vollständig vermeiden kann, Frischdampf in der Fabrik zum Heizen zu verbrauchen und die Betriebskraft viel billiger erzeugt, weil nur etwa 15 vH der Dampfkosten eigentlich den Kraftmaschinen zur Last zu legen sind. („Power" 29. September 1925 S. 474/78*.) [N 1023 b] H.

Filter zum Reinigen von Schmieröl.

Zum Reinigen von schmutzigem Öl, besonders solchem, das durch die Verbrennungsrückstände in den Zylindern und dem Kurbelgehäuse von Verbrennungskraftmaschinen verunreinigt wird, ist von der Stream-Line Filter Company, Ltd., Westminster, ein neues Filter hergestellt worden. In einem senkrecht stehenden zylindrischen Behälter, der durch eine wagerechte Wand in zwei Teile geteilt wird, ist im unteren Teil eine große Zahl Vierkantstäbe angeordnet. Jeder der Stäbe wird in runden Öffnungen der wagerechten Wand geführt und ist von einem aus unzähligen zusammengepreßten ringförmigen Papierblättchen hergestellten rd. 60 cm langen Zylinder umgeben; durch eine besondere Vorrichtung werden die Zylinder von unten gegen die wagerechte Zwischenwand gedrückt.

Das schmutzige Öl wird von unten in den Behälter eingeführt, durch Dampf, der durch eine um die Papierzylinder gelegte Rohrschlange strömt, auf rd. 90 °C geheizt und dünnflüssig gemacht. Der oberhalb der wagerechten Zwischenwand liegende Teil des Gefäßes ist durch ein Rohr mit einem zweiten Behälter verbunden, in dem Luftleere erzeugt wird. Der so in dem oberen Teil des Gefäßes entstehende Unterdruck — es genügt ein solcher von 0,15 at — bewirkt, daß das schmutzige Öl durch die Papier-Hohlzylinder gesogen wird, wobei sich die das Öl verunreinigenden Bestandteile an der äußeren Zylinderwand ausscheiden; das filtrierte Öl wird aus dem oberen Gefäßteil in ein drittes Gefäß geleitet. Das so gereinigte Öl hatte ein spezifisches Gewicht von 0,9165 bis 0,9176, während das des Öles vor dem Gebrauch 0,9134 betrug. Mit Hilfe des Filters können täglich 3200 l Öl gereinigt werden. („Engineering" 2. Oktober 1925 S. 414*.) [N 1023 c] Gw.

Selbsttätige Fliehkraftkupplung „Bauart Kosto".

Infolge ihrer kleinen Abmessungen kann diese Kupplung auf dem Wellenstumpf des Motorläufers angebracht werden. Zwei einander entgegengesetzt wirkende Federkräfte halten zwei Schwungmassen so lange fest, bis der Motor eine bestimmte Umlaufzahl erreicht hat. Durch Reibung nehmen die Massen dann die Riemenscheibe mit, innerhalb deren sie angeordnet sind. Die ganze Kupplung läuft in Öl, so daß ein besonderer unerwünschter Kraftverbrauch nicht auftritt. Versuche mit dieser Kupplung an einem Einphasenmotor, der unter Last angelassen wurde, haben gezeigt, daß die Stromstärke bereits nach sechs Sekunden die Nennhöhe erreichte. („Le Génie Civil" Jahrg. 87 Nr. 14 S. 295*.) [N 1023 d] Js.

Neuerungen an Webstühlen.

Anläßlich der Textilmaschinen-Ausstellung in Manchester wurden mehrere bemerkenswerte Neuerungen gezeigt. Ein von der Carver Textile Patents Ltd., Manchester, gezeigter Webstuhl spart dadurch viel Zeit, daß die Muster unmittelbar von der Zeichnung mechanisch auf eine Metallplatte übertragen und von dort elektrisch abgetastet werden. Die Zeit des Einrichtens wird dadurch auf Stunden verkürzt, während sie früher Wochen dauerte.

Soucek in Prag zeigte seinen verbesserten Schützenantrieb. Der Schützen wurde bisher in der Regel durch einen Schlag angetrieben und auf der andern Seite so abgebremst, daß seine Energie verloren ging. Bei dieser neuen Anordnung wird ihm seine Geschwindigkeit mittels einer schnell umlaufenden Rolle

durch Reibung mitgeteilt. Das Abbremsen besorgt eine Feder, jedoch so, daß die frei werdende Bremsenergie sogleich wieder benutzt wird, um den Schützen bis auf die Reibrolle zurückzuwerfen, von der er dann seine neue Antriebsenergie erhält. („The Engineer" 9. Oktober 1925 S. 374/5*.) [N 1023 e] G.

Die Entwicklung der chilenischen Salpeterindustrie.

Der gegenwärtige Stand der Salpeterindustrie Chiles ist durch den Kampf mit dem synthetischen Erzeugnis gekennzeichnet. Eine Steigerung der Erzeugung von Chilesalpeter scheitert nicht an dem Mangel an Rohstoffen, wohl aber bereiten die Förderverhältnisse, ungenügende Wasserbeschaffung in der Wüste, Mangel an Arbeitskräften und ähnliche Umstände bedeutende Schwierigkeiten. Der Einfluß dieser Verhältnisse kommt besonders in der Preisgestaltung zum Ausdruck. Die im Jahre 1919 gegründete Vereinigung der Salpetererzeuger hat unter der Einwirkung des Wettbewerbs des synthetischen Salpeters die Preise erheblich erniedrigt. Der jetzige Verkaufspreis von rd. 200 ℳ/t könnte jedoch noch weiter herabgesetzt werden durch Ersparnisse an Herstellkosten und Ermäßigung von Abschreibungen und Reingewinn. Die Herstellkosten namentlich bei der Salpetererzeugung aus dem Mineral sollen durch Anwendung neuer Verfahren vermindert werden. Rein bauliche Abänderungen bedingt das Vorgehen von Marinkowitsch. Den ernstesten Schritt, die Verfahren der Salpeterindustrie zu verbessern, unternimmt die Firma Guggenheim, die eine Riesenanlage baut, mit der sie etwa 12 vH der Gesamterzeugung decken will. Hierbei wird die bei mittlerer Temperatur erhaltene Lauge künstlich auf etwa 5 °C abgekühlt, wodurch das Auslaugen viel feinkörnigerer Stoffe ohne Schlammbildung ermöglicht wird. (Z. f. angew. Chemie 8. Oktober 1925 S. 921/25.) [N 1023 f] Kd. M.

Ausbau der amerikanischen Luftstreitkräfte.

Die amerikanischen Luftstreitkräfte haben durch den kürzlich erfolgten Stapellauf des Flugzeugmutterschiffes „Lexington" eine wertvolle Verstärkung zu verzeichnen. Das Schiff war im Haushaltsplan ursprünglich als Schlachtkreuzer vorgesehen, wurde aber nach Inkrafttreten des Marineabkommens von Washington zum Flugzeugmutterschiff umgebaut. Die mit dem neuesten englischen Mutterschiff „Furious" gemachten Erfahrungen sind bei „Lexington" bereits verwertet. Kommandobrücke, Mast und Schornstein liegen an Steuerbordseite so, daß mittschiffs und an Backbordseite Raum für einen genügend großen Abflugplatz entsteht. Unter dem Flugdeck liegt das Werkstattdeck, an dessen Seiten vier 20,3 cm-Geschütze stehen. Weitere vier 20,3 cm-Geschütze in Kasemattaufstellung befinden sich im Vorschiff. Der Abwehr feindlicher Luftstreitkräfte dienen zwölf 12,7 cm-Abwehrgeschütze. Für Torpedoangriffe hat die „Lexington" sechs Torpedorohre (je zweimal drei) am Heck. Gegen feindliche Torpedos und Minen bietet ein starker Unterwasserpanzer Schutz. Die Gefahr des Inbrandschießens der an Bord befindlichen Brennstoffvorräte für die Flugzeuge wird dadurch herabgemindert, daß der Betriebstoff in Bunkern unter dem Panzerdeck gelagert und von dort in Füllstellen gepumpt wird, die an verschiedenen Stellen des Schiffes liegen. Eine Geschwindigkeit von 33 Kn bei einer Wasserverdrängung von über 32 000 t macht dieses Flugzeugmutterschiff für Sicherung von schweren Kampfverbänden und auch Einzelunternehmungen im Stillen Ozean besonders geeignet. („Engineering" 9. Oktober 1925 S. 452.) [N 1023 g] Kd. M.

Bruchfestigkeit von Metallen bei hoher Temperatur.

John S. Brown hat Zerreißversuche an Walzmessing (60 vH Cu, 40 vH Zn), an einer Phosphorbronzelegierung für Turbinenschaufeln, an gewalztem Monelmetall und Aluminiumguß bei hohen Temperaturen ausgeführt. Die Prüfdauer erstreckte sich z. T. über mehrere Tage. Zur Durchführung der Versuche war eine normale Prüfmaschine ungeeignet. Bei der Untersuchung zeigte sich, daß eine kritische Temperatur vorliegt, bei der die Geschwindigkeit, mit der die Belastung einwirkt, einen bestimmenden Einfluß auf die Zerreißfestigkeit ausübt. Der Verfasser kommt zu dem Schluß, daß die Geschwindigkeit, mit der die Last einwirkt, ihre Wirkung verliert, wenn die Belastung unter 160 kg/cm² bleibt. Als Ergebnis der Prüfungen wäre als bemerkenswert noch hervorzuheben, daß die angeführten Metalle den neuzeitlichen Bedingungen bei hoher Temperatur nicht entsprechen sollen. („Engineering 9. Oktober 1925 S. 461*.) [N 1023 h] Wf.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

The Transactions of the first World Power Conference. London, June 30th to July 12th 1924. Vol. 1: 1506 S. m. zahlr. Abb. Vol. 2: 1599 S. m. zahlr. Abb. Vol. 3: 1502 S. m. zahlr. Abb. Vol. 4: 1815 S. m. zahlr. Abb. London E. C. 4, Percy Lund Humphries & Co., Ltd. Three Amen Corner.

In diesen vier dicken Bänden sind in englischer Sprache die Vorträge auf der ersten Weltkraftkonferenz, die vom 30. Juni bis 12. Juli 1924 in London stattfand, in genauem Wortlaut mit den entsprechenden Abbildungen wiedergegeben. Der erste Band beschäftigt sich allgemein mit den Energiequellen der Welt, mit den ausgenutzten und mit den bisher brachliegenden. Band 2 behandelt die Wasserkräfte, Ursprung und Gewinnung der Brennstoffe, Dampfkraftanlagen. Der 3. Band ist gewidmet den Verbrennungskraftmaschinen, Gas- und Brennstoffragen, verschiedenen andern Kraftquellen, der Kraftübertragung und -verteilung, Normalisierungs- und Typisierungsfragen und der Beleuchtung. In Band 4 sind zusammengefaßt die Vorträge über Energiefragen in Industrie und Landwirtschaft, in der Elektrochemie und Metallurgie, im Verkehrswesen; wirtschaftliche Aussichten hinsichtlich der verschiedenen Energiequellen; Erziehung und Unterricht; Gesundheitswesen; Veröffentlichungen. Ein fünfter Band, der das Inhaltverzeichnis und ein ausführliches Sachverzeichnis enthält, ist soeben erschienen. Er erhöht den Wert des Ganzen.

Eine ins einzelne gehende Besprechung des umfangreichen Werkes ist unmöglich. Es wird dazu beitragen, die technische Gemeinschaftsarbeit unter den Völkern der ganzen Erde zu fördern. Von den besten Köpfen unter den Technikern aller Länder verfaßt, zeugen die einzelnen Kapitel von dem Streben, die Entwicklung, die gegenwärtige Lage und die Ziele in großen Zügen herauszuarbeiten. So wird dieses Werk mehr als alle Veröffentlichungen, die Einzelfragen behandeln, ermöglichen, die Technik in ihrer Gesamtheit zu begreifen; es wird auch den Lesern einer späteren Zeit zeigen, daß jetzt der Zeitpunkt gekommen ist, wo die Einzelnen der Energiefrage allein nicht mehr Herr werden, und daß nun die Völker nur mit vereinten Kräften zum Ziel kommen.

Dem Ingenieur, dem Wirtschaftler und dem Historiker wird das Werk jederzeit ein willkommener Führer sein.

[E 853] Dr. Geisler.

Hilfsbuch für die Schiffsführung. Von J. Müller und J. Krauß. 2. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 576 S. m. 299 Abb. u. 1 Tafel. Preis 33 ℳ.

Das vorliegende Werk ist in erster Hinsicht als Handbuch für den Gebrauch der berufsmäßigen Schiffsführer gedacht, aber auch denjenigen, die mittelbar mit der Schiffahrt beruflich zu tun haben oder Wassersport treiben, wird das Buch wegen seiner Vielseitigkeit von Nutzen sein. Für den Ingenieur ist das Werk aus dem Grunde wertvoll, weil es den Fortschritt der Technik auf dem Gebiete der Schiffsführung kennzeichnet, der gerade heute so bedeutend ist, daß man schlechthin von „Technischer Navigation" spricht. Hierunter versteht man die Anwendung der neuen technischen Hilfsmittel (Behmlot und ähnliche Ausführungen, Kreiselkompaß, Selbststeueranlage, Funkpeilung, Unterwasserschallanlage, Leitkabel usw.), die zweifellos für die Schiffsführung von großem Nutzen sind. Die vorbildliche Ausstattung des Werkes wird die Zahl seiner Freunde vermehren. [E 845]

Wissenschaftliche Vorträge. Gehalten auf den Hochschultagungen 1922 bis 1924 der Technischen Hochschule München. München 1925, Knorr & Hirth G. m. b. H. 180 S. m. versch. Abb.

Nach gutem akademischen Brauch wurde auf den Tagungen des Bundes der Freunde der Technischen Hochschule München eine Reihe von Vorträgen gehalten, die in dem vorliegenden Heft gesammelt sind, um sie einer größeren Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Die Münchener Technische Hochschule hat im Verlauf der letzten Jahrzehnte lebendigen und erfolgreichen Anteil an der Erziehung des Nachwuchses genommen. Demgemäß sind eine Reihe von Vorträgen dieser Frage gewidmet. Geh.-Rat Dr. Lippart spricht „Über Ingenieurerziehung" und „Wissenschaftliche Arbeit und Forschung in der Maschinenindustrie". Prof. Dr. Th. Fischer setzt seine Gedanken über die „Erziehung zum Können" auseinander, wobei er auf die Lehrlingsausbildung in der Industrie näher eingeht. Geh.-Rat Dr. J. Ossanna schildert in seinem Vortrag „Die Entwicklung des Unterrichts an der Maschineningenieur-Abteilung" das Ringen zwischen den Forderungen der Zeit an die wissenschaftliche Ausbildung unseres Nachwuchses einerseits und der Knappheit der hierzu zur Verfügung stehenden Zeit anderseits.

Neben diesen Fragen kommt auch die Praxis zu ihrem Recht. Es kann naturgemäß nicht auf alle 33 Vorträge eingegangen

werden, sondern es sei hier nur auf den Ausbau der Bayerischen Wasserkräfte hingewiesen, der in den Vorträgen „Probleme des Bayernwerks" von Dir. A. Menge und „Der Ausbau der Mittleren Isar" von Min.-Rat F. Krieger sowie „Das Innwerk" von Min.-Rat K. Sterner und Dir. F. Kennerknecht behandelt wird.

Der Verlag widmet das Heft dem Bunde der Freunde der Technischen Hochschule München. Es wird auch eine Erinnerung für jene alten Schüler der Münchener Hochschule sein, die den Weg zur Gemeinschaft noch nicht gefunden haben. [E 1042]

Essentials of Drafting. Von C. L. Svenson. 2. Aufl. New York 1924, Nostrand Co. 189 S. m. 450 Abb.

Der Verfasser ist Lehrer des technischen Zeichnens an der Ohio-Universität und bietet im Buch, ohne irgendwelche grundlegende Kenntnisse vorauszusetzen, zuerst eine Übersicht der Zeichengeräte und der Beschriftung der Zeichnungen, behandelt dann rein geometrische Aufgaben, Projektionen, Schnittdarstellungen usw. und erläutert die zeichnerische Darstellung an Schrauben, Nieten, Röhren und Werkteilen. Er fügt einige technologische Angaben über Werkzeuge, Bearbeitung, Gewichtsermittlung, Herstellung und auch über Baustoffe und deren Beanspruchung hinzu. Den Schluß bilden 241 Aufgaben, sämtlich für Anfänger ohne alle Vorkenntnisse. Einige der 241 Fragen sind kennzeichnend: Was ist eine Ellipse? Kann sie durch Kreisbogen gezeichnet werden? Wie wird ein Bleistift richtig gespitzt? Wie werden wagrechte, wie senkrechte Linien gezeichnet? Was ist ein rechter Winkel? Welche Arten Federn werden für Beschriftung verwendet? Was für Tinte? [E 834] A. R.

Der kleine Brockhaus. Handbuch des Wissens in einem Bande. Liefg. 1, 2 u. 3. Leipzig 1925, F. A. Brockhaus. S. 1 bis 240 m. zahlr. Abb. In 10 Liefg. zu je 1,90 ℳ.

Der kleine Brockhaus ist ein Handbuch der Praxis, das uns in nutzbarer, gedrängter Form über alle in unsrer Zeit erforderlichen Kenntnisse unterrichtet. Der Ersatz des geschriebenen Wortes durch einheitliche Abkürzungen und Zeichen sowie Zeichnungen und Schaubilder für technische und wirtschaftliche Verhältnisse erleichtern die rasche Belehrung. Die Lieferungen werden vierzehntägig erscheinen bis zur zehnten, mit der dieses Handbuch des Wissens in einem Band abschließt.

Schiffbau-Kalender 1925. Hilfsbuch der Schiffbau-Industrie. Berlin 1925, Zeitschrift „Schiffbau". 666 S. m. versch. Abb. Preis 12 ℳ.

Der Schiffbaukalender wächst sich von Jahr zu Jahr mehr zu einem Ingenieur-Taschenbuch aus, das in 21 Abschnitten eine Fülle von Wissenswertem auf dem Gebiete des Schiff- und Schiffsmaschinenbaues enthält und besonders über die letzten Neuerungen berichtet.

Schiffsmaschinen, deren Berechnung und Konstruktion. Von Alb. Bodenmüller. 4. Aufl. Leipzig 1925, Oskar Leiner. 237 S. m. 233 Abb. Preis geh. 8 ℳ, geb. 10 ℳ.

Schiffshilfsmaschinen, deren Konstruktion und Berechnung. Von Alb. Bodenmüller. 2. erw. Aufl. Leipzig 1925, Oskar Leiner. 349 S. m. 376 Abb. Preis geh. 13 ℳ, geb 15 ℳ.

Das Motorrad und seine Konstruktion. Von Curt Hanfland. 2. gänzl. neubearb. u. verm. Aufl. Berlin 1925, M. Krayn. 612 S. m. 698 Abb. Preis 35 ℳ.

Elektrisierung der Wiener Stadtbahn. Mai 1925. Von Ludwig Spängler. Wien 1925, Ehrenreich & Co. 72 S. m. versch. Abb. Preis 5 Schilling ö.

Geschichte des Eisens. Herausg. von Otto Johannsen. 2. Aufl. Düsseldorf 1925, Verlag Stahleisen. 248 S. m. 222 Abb. Preis 20 ℳ.

Die Pappenfabrikation. Praktisches Handbuch. Von Fritz Hoyer. Berlin 1925, M. Krayn. 316 S. m. 168 Abb. Preis 18 ℳ.

Der Werkzeug-, Schnitt- u. Stanzenbau u. die Massenfabrikation. Von Alfred Wildner. Leipzig 1925, Oskar Leiner. 279 S. m. 202 Abb. Preis 5,80 ℳ.

Dynamik. I. Dynamik des Einzelkörpers. Von Wilhelm Müller. Berlin u. Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 160 S. m. 70 Abb. Preis 1,25 ℳ.

Die Beanspruchungen der Straßen durch die Kraftfahrzeuge. Von W. Schaar. Berlin 1925, Zement-Verlag G. m. b. H. 68 S. m. 25 Abb. Preis 2 ℳ.

Costruzioni Elettromeccaniche. Von E. Morelli. Vol. II, Sez. 2 Trasformatori-Motori-Commutatrici, Gruppi Varii. Turin 1925, Unione Tipografico-Editrice Torinese. S. 602 bis 1417, Abb. 499a bis 1151 u. 68 Taf. Preis 100 L.

Fluchtlinientafel zur Berechnung des Cosinus. Von W. Groezinger. Berlin 1925, Julius Springer. 4 S. Preis 1 ℳ.

Ärztliche Merkblätter über berufliche Vergiftungen und Schädigungen durch chemische Stoffe. Hrsg. von den Fabrikärzten der deutschen chemischen Industrie. 2. neubearb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 37 S. m. 2 Taf. Preis 4,80 ℳ. (Schriften der Gewerbehygiene H. 1.)

Organisatorischer Aufbau des Reichsverbandes der Deutschen Industrie. Nach dem Stande vom 15. Juni 1925. Selbstverlag des R. d. D. I. 180 S. Preis 7,50 ℳ.

Festschrift zur Hauptversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke in München vom 16. bis 20. Juni 1925. Berlin 1925, Vereinigung der Elektrizitätswerke. 62 S. m. versch. Abb. Preis 2 ℳ.

Die patentierte Erfindung. Von Fritz Berg. Mannheim, Berlin u. Leipzig 1925, J. Bensheimer. 91 S. m. versch. Abb. Preis 5 ℳ.

Sozialphysik. Naturkraft, Mensch u. Wirtschaft. Von Rudolf Lämmel. 12 Aufl. Stuttgart 1925, Francksche Verlagsbuchhandlung. 74 S. m. 18 Abb. Preis geh. 1,20 ℳ, geb. 2 ℳ.

Schaubuch der Deutschen Verkehrs-Ausstellung. München 1925. Herausg. v. Hubert Franzelin u. Erich Probst. München 1925, G. Hirths Verlag. 287 S. m. zahlr. Abb. Preis 3 ℳ.

Die Rechenmaschinen und ihre Entwicklungsgeschichte. Von Ernst Martin. Bd. 1. Pappenheim 1925, Johannes Meyer. 390 S. m. 319 Abb. Preis 9 ℳ.

Mitteilungen a. d. Telegraphentechnischen Reichsamt. Berlin 1925, Selbstverlag. Bd. VIII: 357 S. m. versch. Abb. Preis 10 ℳ. Bd. X: 195 S. m. versch. Abb. Preis 8 ℳ.

Geschichte der Setzmaschinen. Von Otto Höhne. Leipzig 1925, Verlag des Bildungsverbandes der Deutschen Buchdrucker, G. m. b. H. 240 S. m. zahlr. Abb. Preis 5 ℳ.

Die Behandlung der Wasserkräfte im Entwurf eines Reichsbewertungsgesetzes. Von A. Mardersteig. Berlin-Halensee 1925, Deutscher Wasserwirtschafts- u. Wasserkraft-Verband E. V. 7 S. Preis 0,50 ℳ. (Mitteilungen d. D. W. W. V. H. 11, 1925.)

Nachdenkliches und Heiteres aus den ersten Jahrzehnten der Elektrotechnik. Von Dr.-Ing. eh. Heinrich Voigt. Leipzig 1924, R. Voigtländer. 192 S. mit zahlreichen Bildnissen auf 23 Taf. In Ganzleinen geb. 10 ℳ.

Einst und Jetzt auf Stephensons Spur. Von Walter Strauß. Hannover 1925, Göhmannsche Verlagsanstalt. 80 S. m. 23 Abb. Preis 7,50 ℳ.

Rußland-Bibliothek H. 2: **Sozialversicherung in der Union der S. S. R.** Von A. Bychowsky. 22 S. H. 3: **Der Arbeiterschutz in der Union der S. S. R.** Von L. Kaplun. 32 S. H. 4: **Das Genossenschaftswesen in der Sowjetunion.** Von P. Sewruk. 77 S. Berlin 1925, Neuer Deutscher Verlag. Preis H. 2: 0,30 ℳ, H. 3: 0,30 ℳ, H. 4: 0,50 ℳ.

Im Flugzeug über Berlin. Von E. Ewald. Marburg/L. 1925, N. G. Elwert. 31 S. m. 48 Abb. Preis 2,80 ℳ.

Das Leichtflugzeug für Sport u. Reise. Von W. von Langsdorff. 2. verm. Aufl. Frankfurt a. M. 1925, H. Bechhold. 224 S. m. 195 Abb. Preis geh. 3 ℳ

Praktischer Rahmen-Empfang. Von Max Baumgart. 2. verm. u. verb. Aufl. Berlin 1925, (Bibliothek des Radio-Amateurs Bd. 5) Julius Springer. 74 S. m. 51 Abb. Preis 1,80 ℳ.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 31. OKTOBER 1925 NR. 44

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1396.

Weiterentwicklung des Junkers-Doppelkolbenmotors in den Junkerswerken, Dessau.

Von Dr.-Ing. O. Mader, Dessau.

Unter Beibehaltung bewährter Grundlagen wurde nach dem Krieg in Dessau der Junkers-Doppelkolben-Zweitaktmotor zu einer einfachen Bauart weiter entwickelt und in der Praxis erprobt. Entwicklungsvorgang, Entwurf und Versuchsergebnisse.

Als Prof. Junkers 1912 in dem Vortrage „Studien und experimentelle Arbeiten zur Konstruktion meines Großölmotors"[1]) zum ersten Mal in der Öffentlichkeit berichtete, bestanden große Hoffnungen auf eine rasche Weiterentwicklung des Doppelkolben-Zweitaktmotors, und mehrere Lizenzfirmen beschäftigten sich in der Folge damit. Jedoch nur in England und neuerdings in Amerika führte dies für Großmotoren zu einem vollen Erfolg. In Deutschland trat ein solcher leider nicht ein, auch verhinderten der Krieg und seine Folgen eine tatkräftige Weiterarbeit.

In einem bekannten Werke[2]) über Verbrennungsmaschinen findet man hierüber ein Urteil, das wohl den Kernpunkt trifft:

„Es muß gleich darauf hingewiesen werden, daß die Junkersmaschine nicht die Erwartungen erfüllt hat, die man etwa im Jahre 1912 auf sie setzte, als eine stattliche Reihe von deutschen und außerdeutschen Firmen von Professor Junkers Lizenz nahmen und mit dem Bau dieser Maschine begannen. Dem großen Aufwand von damals sind nur wenig brauchbare Ergebnisse gefolgt. Das hat vor allem seinen Grund darin, daß die sämtlichen Firmen, die seinerzeit den Bau von Junkers-Maschinen aufnahmen, keinerlei Erfahrungen im Bau von Dieselmaschinen besaßen. Sie hätten ebensolche Enttäuschungen erlebt, wenn sie damals statt der Junkers-Dieselmaschine normale Viertakt-Dieselmaschinen zu bauen angefangen hätten. Für den Bau der Junkers-Dieselmaschine sind vor allem die Erfahrungen nötig, die man beim Bau einer normalen Dieselmaschine sammelt. Die Sondererfahrungen, die außerdem erforderlich sind, sind nicht sehr umfangreich."

Trotzdem bleiben die Vorzüge der Doppelkolben-Bauart nach wie vor bestehen, und in dieser Erkenntnis entschloß sich Prof. Junkers nach dem Krieg — erst dann bot sich für ihn die Möglichkeit — in ähnlicher Weise vorzugehen, wie er es mit dem bekannten Ergebnis im Bau von neuartigen Wärmeübertragungsapparaten und Metallflugzeugen getan hatte, nämlich auf Grund weitgehender Versuchsvorarbeiten auch die Herstellung von betriebstüchtigen Typen in gewissem Umfange selbst in die Hand zu nehmen und diese in die Praxis einzuführen.

Die zur Verfügung stehende Werkstätte in der Forschungsanstalt in Dessau war damals nur für den Bau von kleineren Versuchsmaschinen eingerichtet. Obwohl die

[1]) Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft 1912 Bd. 13, Julius Springer, Berlin.

[2]) Föppl, Strombeck, Ebermann: „Schnellaufende Dieselmaschinen", 3. Aufl. Berlin 1925. Julius Springer.

Abb. 1. Neue Bauart 1921.

Abb. 4. Alte Bauart 1913.

Luftweg
Brennstoff
Wasserweg

Abb. 2 und 3. Schema der neuen Bauart; die Umrandung zeigt die Abmessungen der alten Bauart, Abb. 4 und 5.

Vorzüge des Doppelkolbenmotors mit wachsender Größe immer klarer zutage treten würden, mußte eine Beschränkung der Bauart auf kleine Leistungen — derzeit 20 bis 200 PS — in den Kauf genommen werden. Solche Größen werden seit einigen Jahren in beschränktem Umfang im Reihenbau ausgeführt und laufen in größerer Zahl in zum Teil angestrengten Betrieben. Da von verschiedenen Seiten eine Mitteilung über diese ungewöhnliche Bauart erbeten wurde, soll nachstehend über Entstehungsart, Konstruktion und Prüfungsergebnisse kurz berichtet werden.

Die Einfachheit und Geschlossenheit der neuen Bauart „1921" zeigen Abb. 1 bis 3, zumal wenn man sie mit einer alten Bauart „1913", Abb. 4 und 5, vergleicht. Die Arbeitsweise des Getriebes — gegenläufige Kolben in einer rein zylindrischen Laufbüchse, die Ein- und Auslaß steuern — ist geblieben, der ganze Aufbau, das Einspritzverfahren und die Einzelausbildung der Bauteile sind von Grund auf neu entwickelt.

Als

oberste Richtlinie

galt von vornherein, daß das Gute der Doppelkolbenmaschine bei den früheren Ausführungen, das in der Zwischenzeit auch von anderer Seite mehr und mehr erkannt worden ist, erhalten bleiben sollte:

Der Kernpunkt der Verbrennungsmaschine ist der Verbrennungsraum. Von diesem muß der ganze Entwurf ausgehen. Der Totraum soll unzerklüftet sein und muß die geringstmögliche Oberfläche bieten, weil jeder Wärmeübergang vor der Leistung der Expansionsarbeit einen Verlust bedeutet und außerdem der dadurch hervorgerufene Wärmefluß Spannungen in den notwendigerweise zu kühlenden Wandungen hervorruft. Daher soll der Totraum von möglichst dünnen und einfach geformten Wandungen mit kleinsten Durchbrechungen umschlossen werden. Die bei Viertaktmaschinen nötigen Ventile im Brennraum bedeuten unter allen Umständen eine Gefahrquelle. Bei der Doppelkolbenmaschine sind sie durch die dem Brennraum fernliegenden Schlitze ersetzt, wobei außerdem die zwischen ihnen liegenden Stege schon durch die Kolbenringe gekühlt werden. Auch der durch die großen Ventile bedingte verwickelte Gußkörper des Deckels nebst seiner Dichtung entfällt.

Die bei der Zweitaktmaschine schwierigste Forderung, die Spülung, läßt sich durch die Doppelkolbensteuerung am besten erfüllen. Der Spülvorgang vollzieht sich hier ohne Richtungswechsel mit dem geringsten Arbeitsaufwand. Große Querschnitte für Einlaß der kalten Ladeluft und fern davon für Austritt der heißen Abgase, richtige Lage der Steuerpunkte infolge der Kurbelversetzung, vor allem aber die Möglichkeit, ein großes Hubverhältnis mit einfachen Mitteln zu erreichen, gewähren eine reine Ladung und damit eine reine Verbrennung bei hohem mittleren Druck.

Der Kräftefluß vollzieht sich unter Entlastung der Grundlager nahezu ganz in dem Getriebe der dreifach gekröpften Welle, das man in Abmessung und Baustoff leicht betriebsicher gestalten kann. Das Gestell wird dadurch bis auf die Gleitbahndrücke entlastet. Die gegenläufige Bewegung der Kolben ermöglicht in einfacher Weise einen Massenausgleich ohne viele Zylinder und ohne das Gestell dabei zu beanspruchen.

Die Frage, ob Zweitakt oder Viertakt das bessere System sei, ist noch heute strittig, wenn man auch sagen kann, daß für die kleinen Leistungen wegen der einfachen Bauweise und für größere Leistungen wegen der Betriebsicherheit und der geringen Abmessungen der Maschine der Zweitakt heute wieder mehr in den Vordergrund rückt. Vielleicht setzt sich einmal durch die Vereinigung beider Vorzüge der Zweitakt auf der ganzen Linie durch.

Lagen für den Neuentwurf so die allgemeinen Richtlinien fest, so sollten anderseits

Fortschritte

durch Vereinfachung in Bau und Handhabung, Betriebsicherheit, Herabsetzung des Raumbedarfes und des Gewichtes erzielt werden. Da, wie schon erwähnt, aus Werkstattgründen zunächst nur kleine Abmessungen in Frage kamen, erschwerte natürlich die Forderung, durch Gewichtverminderung und Drehzahlerhöhung die Leistung zu steigern, sowie die Forderung der Vereinfachung und der Verminderung der Baukosten diese Aufgabe. Ihre Lösung wurde wieder, wie auf den andern Arbeitsgebieten von Junkers, auf dem Wege des weitgehend unterteilten Versuches gesucht. Nicht ein durchgearbeiteter „fertiger" Entwurf wird ausgeführt, sondern besondere Geräte und Versuchsmaschinen mit geeigneten Meßeinrichtungen, die mit verhältnismäßig geringen Mitteln und in kurzer Zeit schwierige Teilfragen möglichst planmäßig zu prüfen gestatten. Die Änderungsmöglichkeit ist dabei bedeutend größer als bei einer fertigen Maschine. Natürlich schließt sich daran dann noch eine eingehende Erprobung der endgültigen Bauart. Zur Kennzeichnung dieses Vorgehens seien einige, vielleicht allgemeiner interessierende Beispiele angeführt:

Kolbenringuntersuchung.

Die Reibung der Kolben hat vermutlich einen großen Anteil an den mechanischen Verlusten, jedoch ist über den Einfluß der Ringform und -spannung, der Schmierölmenge und -zähigkeit, über das Dichthalten der Ringe und die Druckverteilung innerhalb der Ringe usw. nichts Näheres bekannt. Also wird die Frage in einer Sondereinrichtung untersucht!

Kompressor Mittelstufe
Steuerleitung
Spülpumpe
Luftweg

Abb. 5. Schema der alten Bauart, Längsschnitt.

Abb. 6. Prüfeinrichtung für Kolbenringe, Schema.

Abb. 7. Ergebnisse von Versuchen über Kolbenringreibung.

Abb. 6 zeigt das Schema dieser Einrichtung. Im Gegensatz zur wirklichen Maschine steht hier der Kolben fest, und der Zylinder wird durch den Kurbelbetrieb bewegt. Somit ist es beispielsweise möglich, den auf den Kolben wirkenden Gasdruck auszugleichen und auch die Wandreibung des hierzu benutzten Ausgleichkolbens durch die Drehbewegung des Ausgleichzylinders aufzuheben und die als Restkraft verbleibende reine Kolbenreibung zu messen. Druckverminderungs- und Schnüffelventil füllen etwaige Luftverluste wieder auf und gestatten, die Kompressionslinie beliebig hoch zu legen.

Die mit diesem Gerät angestellten Versuche lieferten manche Aufschlüsse. So zeigen die als Beispiel in Abb. 7 dargestellten Kurven das überraschende Ergebnis, daß innerhalb der gewählten Grenzen der Messung die Reibung normaler Ringe nur recht wenig vom Druck abhängt, jedoch annähernd proportional der Zahl der Ringe ist, während Doppelringe mit gedichteter Teilfuge, wie die „Eklipse"-Ringe, wohl etwas größere Abhängigkeit vom Druck ergeben, weil sich der Druck hinter dem Ringe besser hält.

Punktindikator.

Bei genauerer Untersuchung des Druckverlaufes in der Maschine stellte sich heraus, daß die bisher üblichen Indikatoren bei großen Druckunterschieden sowie bei raschen Druckänderungen kein genügend zuverlässiges Bild, besonders im Bereiche der niedrigen Drücke, ergeben, wie z. B. während des Auspuff- und Spülvorganges. Daher wurde von einem Mitglied unserer Forschungsanstalt, Dr. Gasterstädt, ein besonderer Apparat für punktweise auszuführende Druckmessung entwickelt, s. das Schema, Abb. 8. Ein einstellbarer Meßdruck wird mit dem gesuchten Druck dadurch verglichen, daß ein Verschlußplättchen von kleinstem Gewicht und Weg einen Stromkreis schließt oder öffnet, an den ein Elektroskop angeschlossen ist. Gleichzeitig ist ein Schließen durch einen verstellbaren Umlaufkontakt nur innerhalb des gewünschten Kurbelwinkels möglich; wenn dann der Meßdruck höher ist als der Zylinderdruck, so spricht das Elektroskop an. Ein gleicher Stromkreis spricht im umgekehrten Fall an. Mit diesem Gerät wurde z. B. von einem Voll-

Abb. 8. Elektrostatischer Punktindikator, Schema.

Abb. 9. Volldiagramm mit unsicherer Aufzeichnung des Spülvorganges.

Abb. 10. Genaues Teildiagramm des Punktindikators.

Abb. 11. Schema des Gesichtsfeldes bei Totraumbeobachtung.

Abb. 12. Schema eines Gerätes zur Aufnahme von Bildern des Verbrennungsvorganges.

diagramm, Abb. 9, das Diagrammende während der Spülperiode, Abb. 10, aufgenommen und damit die Abmessungen von Ein- und Auslaßquerschnitten geprüft.

Totraumbilder.

Über die verwickelten, dem Auge unsichtbaren Verbrennungsvorgänge im Zylinderinnern herrscht große Unklarheit; jedes neue Meßmittel dafür ist erwünscht. Deshalb wurde versucht, diesen Vorgang dem Auge sichtbar zu machen, und dazu die durch Ab. 11 und 12 erklärte Einrichtung entwickelt. Hierbei mußten Schwierigkeiten verschiedenster Art überwunden werden. So galt es, durch geeignete optische Mittel ein hinreichendes Gesichtsfeld zu wahren, ein betriebsicheres Fenster zu schaffen, das Drücken bis über 60 at und Temperatursprüngen von etwa 1500 °C standhält, den Beobachter bei etwaigem Bruch dieses Fensters zu sichern, einen kurzzeitigen Momentverschluß zu entwickeln, der genau bei dem gewählten Kurbelwinkel nur eine einzige Belichtung ergibt, und auch bei voller Drehzahl ruhig stehende Bilder zu erzielen. Schließlich erwies sich auch nicht jedes Plattenmaterial für solche Aufnahmen geeignet. Es gelang, für beliebige Kurbelwinkel von je 1 Grad ein stillstehendes Bild der Flamme vor der Einspritzdüse einer mit voller Drehzahl laufenden normalen Maschine dem Auge sichtbar zu machen und photographisch festzuhalten. Wenn auch die Farben nur durch das Auge aufgenommen werden können, so mögen doch einige aus einer umfangreichen Reihe entnommene Bilder, Abb. 13 bis 16, solche Flammenerscheinungen zeigen. Zur Erhöhung der Anschaulichkeit sind in Abb. 13 die Kolbenböden in perspektivischer Ansicht so, wie sie vom Hauptpunkt des optischen Systems aus erscheinen, dargestellt. Der kleine Mittenkreis gibt die Lage der Düse an, der rechtsliegende Kreis die Lage des Anlaßventiles, während der große Kreis das Gesichtsfeld umrahmt. Die Vollastbilder, Abb. 14 und 15, sind zeitlich in unmittelbarer Nähe des Totpunktes, und zwar kurz nach dem Einsetzen der Zündung aufgenommen. Die bereits eingespritzte, noch kleine Brennstoffmenge ist durch die zwischen den Kolbenböden kreisende Druckluftscheibe von der Düse aus nach rechts verweht, und etwa an der Spitze dieses Brennstoffstrahles hat ganz rechts die Zündung eingesetzt. Sie hat sich dann rasch rückwärts nach der Düse zu fortgepflanzt und zu einer starken Ausbreitung der Flamme geführt, Abb. 14. Eine zweitausendstel Sekunde später, Abb. 15, hat sich die Flamme noch weiter ausgebreitet. Die sehr große anfängliche Ausbreitungsgeschwindigkeit erklärt es, daß selbst während der nur etwa $^1/_{3000}$ Sekunde betragenden Belichtungsdauer noch erhebliche Verschiebungen der Flammenränder stattfanden, die Bilder also unscharf erscheinen.

Abb. 13. Gesichtsfeldnetz.

Schärfere Begrenzungslinien zeigt das gegen Ende einer Leerlaufverbrennung aufgenommene Bild 16. Die entsprechend kleinere Leerlaufflamme hat hier schon fast einen vollen Umfang mit der kreisenden Luftscheibe zurückgelegt und ist dabei in mehrere Teilflammen zerrissen worden.

Das Arbeitsverfahren.

Wenn auch für die Neukonstruktion der allgemein bekannte Aufbau von Doppelkolbenmaschinen mit dreifach gekröpfter Welle beibehalten wurde, so hatte doch für die beabsichtigte Vereinfachung das in seinen Grundzügen bereits 1914 aus mannigfachen Tastversuchen herausgeschälte Einspritzverfahren ohne Luft mit offener Düse entscheidenden Einfluß, Abb. 17 bis 18. Eine zwangläufig bewegte Brennstoffpumpe spritzt ohne jedes steuernde Zwischenglied den Brennstoff durch Düsen fein zerstäubt in den Zylinder ein. Durch tangential gerichtete Spülschlitze wird während der Spülung die Luft in dem rein zylindrischen Verbrennungsraum in Drehung versetzt. Dieser Wirbel erhält sich beim Querzusammendrücken der Luftmassen während der Verdichtung, da er keinen Widerstand findet, bis in die Zeit der Einspritzung hinein nahezu vollständig. Dies zeigen neben andern Versuchen auch zahlenmäßig unsere vorerwähnten Totraumbeobachtungen.

In dem kreisscheibenförmigen Totraum jeder Verbrennungsmaschine befinden sich die Hauptteile der Verbrennungsluft in der Nähe der Zylinderwand, Abb. 17. Durch die kreisende Bewegung zieht diese Luft an den im Gegensatz zu andern Motoren beim Junkersmotor an der Seite angebrachten Einspritzstellen vorbei. Natürlich müssen die Einspritzzeiten und die Mengenverteilung richtig bemessen werden. Als ein sehr zweck-

Abb. 14. 3,3 ° vor Totpunkt. **Abb. 15.** 1,7 ° vor Totpunkt. **Abb. 16.** 15 ° nach Totpunkt.

Abb. 14 bis **16.** Flammenbilder.

Abb. 17 und **18.** Schema der zwangläufigen Einspritzung ohne Luft.

Abb. 19. Störungsdiagramm bei undichtem Einlaßorgan.

Abb. 20. Anlaßdiagramm.

Abb. 21. Normallaufdiagramm.

mäßiges Mittel, das wir dazu viel verwendet haben, kann die Verwendung der einstellbaren stroboskopischen Scheibe, wie sie auch Abb. 12 andeutet, empfohlen werden. Während bei kleinen Zylinderdurchmessern und Drehzahlen eine Düse zur Brennstoffverteilung genügt, wird bei größeren Durchmessern durch radial verteilte Düsen in wachsender Anzahl die Ausnutzung der verfügbaren Luft und damit der mittlere Druck erhöht, ohne gleichzeitig die Wirbelgeschwindigkeit und den dazu nötigen Spüldruck erhöhen zu müssen.

Die Regelung der Brennstoffmengen erfolgt nur durch die Arbeitsbewegung der Pumpe von einem beweglichen unter dem Einfluß des Reglers stehenden Nocken aus. Zu beachten ist hierbei, daß der Beginn der Einspritzung stets im gleichen Augenblick erfolgt; der nutzbare Pumpenhub jedoch und das Ende der Einspritzung ändern sich je nach der Belastung.

So einfach und selbstverständlich heute das Verfahren für die Einspritzung erscheint, so unmöglich erschien jedoch uns, wie wohl allen Technikern zur damaligen Zeit, bei dem Beginn der Arbeiten die Durchführungsmöglichkeit. Da auch heute noch vielfach Unsicherheit über die maßgebenden Einflüsse herrscht, seien diese, soweit wir sie aus unsern umfangreichen und langwierigen Versuchen erkannt haben, kurz angedeutet:

Die je Umdrehung einzuspritzenden kleinen Mengen bedingen gleichmäßig steuernde und dichte Brennstoffpumpen mit kräftigem Antrieb und in guter Werkstattausführung. Der Grad der Zerstäubung braucht nicht bis zum äußersten getrieben zu werden, jedoch kommen immerhin schon ziemlich hohe Pumpendrucke vor (bis 700 at), die aber von der Pumpe anstandlos überwunden werden. Soll eine genügend gleichmäßige, zwangläufige Brennstoffzuführung erreicht werden, so müssen die Pumpen bei einfachster Bauart vor allem vor jeder Möglichkeit des Zutritts wie des Ansammelns von Luft geschützt werden. Die Verdichtbarkeit des Brennstoffes an sich, abgesehen von den in ihm enthaltenen Gasmengen, muß berücksichtigt werden und verursacht bei der einfachen offenen Düse eine meßbare Verzögerung des Einspritzendes, ohne daß jedoch dieser Vorgang einen nennenswerten Einfluß auf die Güte des thermischen Vorganges ausübt. Eine Verstopfung der notwendigerweise kleinen Düsenöffnungen erfolgt höchstens durch von der Pumpe her eintretende Fremdkörper, die durch Siebe usw. fernge-

Abb. 22. Düsenkörper und Nadel.

Abb. 23. Laufbüchse.

Abb. 24.

Abb. 25.

Abb. 24 und **25.** Längs- und Querschnitt durch einen Dieselmotor, Bauart 2 H K 160.

halten werden müssen. Ein Zuwachsen der Düsen von der Verbrennungsseite aus, wie bei der Lufteinspritzung, tritt nie auf; denn in der Düse selbst befindet sich kein Sauerstoff, außerdem wird die Düse durch den Brennstoff genügend gekühlt. Die Gemischbildung im Zylinder erfordert natürlich besondere Vorkehrungen, wie Durchwirbelung der Luft, geeignete Totraumformen usw.

Die schwerste Arbeit bei der Entwicklung zur Vereinfachung des Arbeitsverfahrens war, durch planmäßige Versuche und mancherlei Irrwege, sich Schritt für Schritt von Vorurteilen frei zu machen. Ein Vorgang, der sich in der Technik wohl immer wiederholt, ohne daß diese Schwierigkeit, beurteilt an dem Ergebnis, leicht zu erkennen wäre.

Für die Wahl des einfachen Arbeitsverfahrens war vor allem die Betriebsicherheit maßgebend, Abb. 19 bis 21. Bei der Lufteinspritzung, wie auch bei der luftlosen Einspritzung mit gesteuertem Ventil und vorgeschaltetem Druckspeicher, be-

Abb. 29. Antriebkasten für Brennstoffpumpe, Anlaßventile, Wasser- und Ölpumpe.

steht die Gefahr, daß während der Verdichtung bereits Brennstoff in den Zylinder eingespritzt wird, wenn das Ventil hängen bleibt oder undicht wird. Bei Erreichen der Zündtemperatur entstehen dann außergewöhnliche, durch die weitere Verdichtung noch gesteigerte Drücke im Zylinder, Abb. 19. Auch beim Anlassen sowie bei Änderung der Drehzahlen und der Belastung treten leicht, ohne geeignete Einspritzdruck-Regelung, ähnliche Erscheinungen auf. Bei der zwangläufigen Einspritzung besteht diese Gefahr nicht. Es ist daher auch möglich, die Brennstoffpumpe während der Betätigung der Anlaßventile bereits arbeiten zu lassen und in die vor Eintritt der kalten Anlaßluft noch heiße verdichtete Luft einspritzen zu lassen. Damit beginnt die Zündung unabhängig von der Einwirkung des Bedienenden. Die Gefahr, die für den Betrieb in der Explosion der Hochdruckluftleitungen sowie in Kompressorstörungen liegt, ist ebenfalls beseitigt.

Die bauliche Durchführung der Einspritzanlage geht in den Hauptzügen aus den Schnittzeichnungen, Abb. 24, 25 und 29, hervor, wobei auf die Kupplung von Anlaßventil und Brennstoffpumpe hingewiesen sei, die die Bedienung der Maschine durch denselben Hebel ermöglicht. Die Ausführung der Düse, Abb. 22, soll vor allem eine rasche Reinigung der kleinen Kanäle ermöglichen. In den Kegel der Nadel sind Rillen eingearbeitet, die beim Herausnehmen der Nadel frei liegen. Zwei dünne Brennstoffstrahlen prallen vor der Düsenöffnung aufeinander und zerstäuben dadurch in dem gewünschten Maße.

Konstruktiver Aufbau.

(Hierzu auch Abb. 24 bis 32.)

Im Jahre 1913 war der Junkersmotor nach Abb. 5 aufgebaut. Der Wunsch, einfacher und leichter zu bauen, führte bis 1921 zu den in Abb. 2 und 3 dargestellten Änderungen. Schritt für Schritt wurde die Maschine zusammengezogen:

Durch den Übergang zur luftlosen Einspritzung entfiel zuerst der zu kühlende dreistufige Hochdruck-Luftverdichter mit seinem Schwingenantrieb. Sodann wurde die früher seitlich angebrachte und durch eine besondere Kurbel angetriebene Spülpumpe über die Zylinder gesetzt. Auspuff- und Spülseite wurden vertauscht. An Stelle eines besonderen Spülkastens wurde der große Kurbelkastenraum als Aufnehmer benutzt, wodurch mit geringem Mehraufwand an Gewicht der für die Spülung wünschenswerte unveränderliche Druck erreicht wird. Der alte Spülluftaufnehmer hatte 13 l Inhalt je Liter Zylinder-Hubvolumen, gegen jetzt 35 l. Um die Bauhöhe der Maschine zu verringern, konnte man die Traversen bis in die Spülschlitze hereinschlagen lassen.

Die Länge der Maschine wurde sehr wesentlich dadurch herabgesetzt, daß die mittlere Lagerung der Welle im Durchmesser so weit vergrößert wurde, daß sie zugleich das mittlere Wangenpaar umschloß. Die Gleitgeschwindigkeit des so entstandenen Lagers ist natürlich im Vergleich zu üblichen Lagern erhöht, und es bestanden gewisse Bedenken gegen seine Betriebsicherheit. Da nun aber bei der dreifach gekröpften Welle das Gestänge die auftretenden Kräfte fast ganz in sich aufnimmt, so wird das Lager weitgehend entlastet, und tatsächlich hat es trotz seiner hohen Umfangsgeschwindigkeiten von etwa 7 m/s bisher nie Anlaß zu Störungen gegeben.

Durch diese Maßnahmen wurde das Gewicht der Maschine von 50 bis 100 PS im Verhältnis zum Hubvolumen von etwa 250 kg/l auf etwa 160 kg/l, oder von 69 kg/PS_e auf 29 kg/PS_e heruntergedrückt, ohne spezifisch höherwertigen Baustoff zu verwenden oder diesen höher zu belasten.

Abb. 26. Schnitt durch Spülschlitze.

Abb. 27. Schnitt durch Totraum.

Abb. 28. Schnitt durch Anlaßschlitze.

Abb. 26 bis **28**. Schnitte durch den Motor, Abb. 24 und 25.

Abb. 3 zeigt weiter, daß die Spülluft jetzt auf kürzestem Weg durch die Spülpumpe zu den ringsum in der einfachen Laufbüchse, Abb. 23, liegenden Spülschlitzen wandert und die Abgase durch den langen Zylinder von verhältnismäßig kleinem Querschnitt zu den einseitig sich öffnenden Auspuffschlitzen vorschiebt.

Die der Kurbelkastenspülung sonst anhaftenden Nachteile treten bei der hier gewählten Bauart nicht auf, weil der im Kurbelgehäuse vorhandene Luftvorrat nicht dauernd in der Maschine pulsiert, sondern lediglich als Puffer dient.

In der Maschine steigt das Kühlwasser von unten nach oben. Es kühlt hierbei den Auspuffraum und umspült den Totraum, der die höchste Wärmebeanspruchung auszuhalten hat, mit großer Geschwindigkeit.

Um den Massenausgleich schon innerhalb eines Zylinders möglichst vollkommen zu erreichen, ist der Hub des oberen, durch sein Gestänge an und für sich schwereren Spülkolbens kleiner als der des unteren Auspuffkolbens. Dadurch ist es möglich, die Schmierung der Kurbelwelle durch Fliehkräfte zu unterstützen.

Da bei der Entwicklung des Arbeitsverfahrens sich herausgestellt hatte, daß für ein genügend genaues Einspritzen die Länge der Brennstoffleitungen an sich nicht maßgebend war, ließen sich sämtliche Steuerwellen sparen, und die Brennstoffpumpe, Abb. 29, konnte unmittelbar von der Hauptwelle aus angetrieben werden. Es wurde dabei besonderer Wert darauf gelegt, neben dem Hauptgestell einfache und auswechselbare Baugruppen zu bekommen. Derartig leicht austauschbar sind beispielsweise der Brennstoffpumpensatz, die Kühlwasserpumpe, Achsregler usw. Letzterer ist ein Kosinusregler, Abb. 30 und 31, dessen Ungleichförmigkeitsgrad durch Anbringung von Gegengewichten verändert werden kann. Bei normaler Ausführung läßt er bei Belastungsschwankungen um 100 vH eine Änderung der Drehzahl von etwa 4 vH zu. Für manche Verwendungszwecke ist es notwendig, die Drehzahl rasch zu ändern, ohne von Hand je nach Belastung zu regeln. Dafür kommt der in Abb. 32 dargestellte Leistungsregler zur Anwendung, dessen Feder nach Bedarf durch einen verschiebbaren Kegelstift gespannt werden kann. Es können so in rascher Folge verschiedene Drehzahlen eingestellt werden, wie das Tachometerdiagramm, Abb. 33, einer einzylindrigen kleinen Schiffsmaschine von 25 PS_e mit einem Schwungrad von einem Ungleichförmigkeitsgrad 1 : 20 zeigt. Die Anlaßluft wird durch einen nach Bedarf auf ein oder zwei Zylindern anzubringenden, von dem Spülpumpenkolben aus angetriebenen Luftverdichter beschafft. Er hat nur ein Ventil, das Druckventil, und arbeitet, obwohl nur einstufig, durch sein außergewöhnlich großes Hubverhältnis, bis 60 at.

Zur Vereinfachung und Sicherung der Bedienung wurden Anlaßsteuerung, Brennstoffpumpe und Achsregler so gekuppelt, daß die Steuerung mit einem einzigen Handgriff zu beherrschen ist. Mit der Steuerung kann man sowohl das Entlüften der Brennstoffpumpe sowie die drei Hauptphasen der Bedienung betätigen, Abb. 29. Bei senkrechter Lage des Bedienungshebels befindet sich die Maschine entweder im Stillstand oder normalen Gang. Die vom Regler beeinflußten Nocken betätigen dann nur die Kolben der Brennstoffpumpe. Wird der Bedienungshebel nach links in die Stoppstellung gelegt, so hebt er die Rollen der Brennstoffpumpe vom Nocken ab und die Maschine läuft aus. Zum Wiederanlassen muß die Maschine selbstverständlich in die Anlaßkurbelstellung gebracht werden. Um die Brennstoffleitungen bis zur Düse luftfrei und vollständig mit Brennstoff gefüllt zu erhalten, bewegt man nun mit dem Bedienungshebel die Stempel der Brennstoffpumpe so lange von Hand, bis Brennstoff aus den Entlüftungsventilen in klarem, schaumlosem Strahl entweicht. Dann wird bei geschlossenen Entlüftungsventilen der Bedienungshebel nach rechts in die Startstellung gelegt. In dieser bringt er die Ventile der Anlaßsteuerung zur Wirkung, und die Maschine springt sofort, auch aus kaltem Zustand, an. Nach den ersten Zündungen wird der Bedienungshebel in die senkrechte Ruhelage zurückgeführt.

Abb. 33. Tachogramm einer Drehzahlverstellung.

Versuchsergebnisse.

Um eigene Messungen der Baufirma zu prüfen, hat Prof. Dr.-Ing. Kurt Neumann, Hannover, Versuche an zwei normalen Maschinen durchgeführt; mit seiner freundlichen Genehmigung wird ein Auszug aus seinem Bericht darüber wiedergegeben:

„Die Untersuchungen fanden am 15. Juli 1925 auf den Prüfständen der Firma in Dessau statt.

Es wurde das Verhalten der Maschinen in Abhängigkeit von der Belastung festgestellt. Zur Prüfung gelangten eine Zweizylindermaschine 2 HK 160 und eine Einzylindermaschine 1 HK 110. Die Maschinen arbeiten nach dem bekannten Verfahren von Junkers mit gegenläufigen Kolben und im Zweitakt.

Die Hauptdaten der Maschine sind:

Type	2 HK 160	1 HK 110
n	375 min^{-1}	500 min^{-1}
N_e	120 PS_e	25 PS_e
S	560 mm	385 mm
D	160 mm	110 mm
P_e	6.4 at	6,15 at

Als Brennstoff wurde Gasöl benutzt:

Heizwerte h = 10 680 kcal/kg
h_u = 9 850 „ „
spez. Gewicht γ = 0,875 kg/ltr.
Flammpunkt 87 °C
Brennpunkt 102 bis 103 °C.

Die entwickelte Leistung wurde durch eine Wasserbremse, Bauart Junkers, aufgenommen.

Abb. 31. Kupplung der Gewichte und Nockenverstellantrieb.

Abb. 30 und **31.** Schnitt durch die Gewichte des Achsreglers.

Abb. 32. Leistungsregler.

An unsere Mitg

(einschl. Freistaat

Der Beitrag für das Jahr 1926 beträgt

beim Bezug der **VDI-Zeitschrift**

30,

beim **alleinigen Bezug der** VDI

15,-

Der Beitrag ist nach § 12 der Satzung **im vo**
Um die Zeitschriften für das neue Jahr re
die Zahlung

spätestens bis 2

auf unser Postsch

Eine Zahlkarte ist angeheftet. Wir bitten zur
den Vordruck **genau auszufüllen.**

Falls es dem einen oder anderen Mitgliede nic
so sind wir auch mit Halbjahreszahlungen von 15.– R

Sollte Ihre Zahlung bis zum 1. Dezember 1925
Wunsch entnehmen, daß der Jahresbeitrag unter Hi
eingezogen wird.

Die Mitglieder des Han

werden gebeten, den **Sonderbeitrag ihres Bezirksver**
beizufügen. Es sind dann also **31.— RM. oder 16.–**

Die im Saargebiet wohnenden Mitglie

werden gebeten, den Beitrag **nicht an die Geschäfts**
des Bezirksvereines abzuwarten.

Berlin NW 7, Oktober 1925.
Ingenieurhaus.

---

*) Diese Vergünstigung soll gemäß Beschluß des V
schaftlichen Gründen auf die VDI-Zeitschrift verzichten ode
Rücksicht auf die schwere wirtschaftliche Lage hat sich d
günstigung weitestgehend Gebrauch gemacht werden kann.

An unsere Mitg

Die **Portovergütung** ist für 1926 auf **7.50**
Mitglieder im Auslande zahlen daher

37

und erhalten hierfür die **VDI-Zeitschrift und die V**
Bankkonto: Deutsche Bank, Depositenkass

Die Mitglieder des

werden durch den österreichischen Zeitungsdienst b

beim Bezug der **VDI-Zeitschrif**

31

beim **alleinigen Bezug der VI**

15

an die **Geschäftstelle in Berlin.**

Berlin NW 7, Oktober 1925.
Ingenieurhaus.

N-Format A 4

Ich wünsche die **VDI-Zeitschrift und die VDI-Nachrichten** zu erhalten.*)

Ich wünsche **nur die VDI-Nachrichten** zu erhalten.*)

*) (Nichtzutreffendes bitte streichen!)

NB. Falls für 1925 noch ein Restbetrag offensteht, wird von der Zahlung für 1926 zunächst das Beitragskonto 1925 ausgeglichen.

Das Postscheckamt sendet diesen Abschnitt dem Postscheckkunden

Bitte diesen für postdienstliche Zwecke bestimmten Raum nicht mit Freimarken zu bekleben.

Jeder, der öfter Zahlungen empfängt oder leistet, sollte sich ein Konto beim Postscheckamt eröffnen lassen.
Vordrucke für Anträge erhält er beim Postamt.

Der Einlieferer hat eine Freimarke in Höhe der Gebühr auf die Zahlkarte zu kleben. Die Gebühren sind bei den Postanstalten zu erfragen.

Aufgabestempel.

Posteinlieferungsschein
(nicht zu Mitteilungen für den Empfänger zu benutzen)

Wichtig

für pünktliche Lieferung der Zeitschriften

1. Bei allen Zuschriften und Zahlungen **genaue Anschrift** angeben und besonders auf **leserliche Unterschrift** achten. (Namenverwechslungen sind sonst unvermeidlich).
2. **Wohnungsveränderungen** rechtzeitig mit Angabe der alten Anschrift, möglichst 14 Tage vorher, anzeigen. (Die Zeitschriftenlieferung wird sonst unterbrochen).
3. Bei jeder Zahlung den genauen **Verwendungszweck** mitteilen. (Nur dann können Falschbuchungen vermieden werden).
4. **Unregelmäfsige Lieferung der Zeitschriften** dem zuständigen Postamt melden und ausbleibende Hefte sofort nachfordern. (Das ist der kürzeste und sicherste Weg).
5. **Vereins- und Verlags-Angelegenheiten** stets trennen. (Hauptfehlerquelle!)
6. Alle **Bekanntmachungen in den VDI-Nachrichten,** dem Mitteilungsblatt des Vereines, lesen. (Sie unterrichten rechtzeitig über alle Mitgliederangelegenheiten).

Im einzelnen ergab die Versuchdurchführung folgende Werte:

I. Zweizylinder-Maschine 2 HK 160
für Vollast.

Kühlwassertemperaturen: Zulauf $t_e = 32{,}5\,^0$C
Ablauf $t_a = 49{,}0$ bezw. $45{,}5\,^0$C
Spülüberdruck 149 mm Q.-S.
Spüldruck $\frac{751 + 149}{737} = 1{,}22$ at abs
Auspuff 640 mm W.-S. Überdruck.

Aus dem Indikatordiagramm wurde festgestellt:
Kompressionsenddruck $p_k = 38{,}5$ at abs
Höchstdruck $p_{max} = 63{,}5$ at abs,

so daß sich ein Drucksteigerungsverhältnis durch die Verbrennung ergibt

$$\frac{p_{max}}{p_k} = \frac{63{,}5}{38{,}5} = 1{,}65$$

Die Verbrennung war bei allen Belastungen sehr vollkommen, der Auspuff unsichtbar.

In Zahlentafel 1 und im Diagramm (Abb. 34) sind die Ergebnisse abhängig vom Belastungsgrad $\alpha = \frac{N_e}{120}$ dargestellt.

Man erkennt, daß der spezifische Brennstoffverbrauch für $\alpha \sim 0{,}90$ einen Kleinstwert hat. Es ergibt sich die bemerkenswerte Tatsache, daß hierfür $B_e = 0{,}165$ kg/PS$_e$h und damit $\eta\, t_e = 0{,}383$ ist, d. h. es wird fast 40 vH der zugeführten Wärme in Nutzarbeit umgesetzt, weiterhin daß der Brennstoffverbrauch von $\alpha \sim 1$ bis auf $\alpha \sim 0{,}5$ nur um

$$\frac{0{,}182 - 0{,}168}{0{,}168} \cdot 100 = 8{,}3 \text{ vH}$$

zunimmt.

Zur Bestimmung des Schmierölverbrauches wurde für 3 h 45 min eine Schmierölmenge von 1,750 kg bei Vollast gemessen. Das ergibt

3,85 g/PS$_e$h.

In Wahrheit ist der Verbrauch jedoch niedriger, da die Ablaufzeit aus versuchstechnischen Gründen nur ⅔ der Einlaufzeit betrug und demnach das zurücktropfende Schmieröl nicht ganz in Rechnung gestellt werden konnte. Er dürfte sich auf rd. 2 g/PS$_e$h belaufen.

Das Verhalten der Maschine war bei allen Belastungen zufriedenstellend. Die Überlastung hätte sich leicht noch über den Betrag von + 10,5 vH weiterführen lassen.

Das normale und versetzte Indikatordiagramm zeigt den typischen Verlauf einer kompressorlosen Zweitaktmaschine.

Für die gute Ausnutzung des verfügbaren Zylindervolumens ist der hohe nutzbare mittlere Kolbendruck kennzeichnend, der für Vollast $p_e = 6{,}4$ at (Versuch Nr. 1, 2, 3) beträgt.

II. Einzylindermaschine 1 HK 110
für Vollast.

Kühlwassertemperaturen: Zulauf $t_e = 20\,^0$C
Ablauf $t_a = 31\,^0$C
Spüldruck $\frac{751 + 155}{737} = 1{,}23$ at abs
Auspuff 185 mm W.-S. Überdruck
Kompressionsenddruck $p_k = 41$ at abs
Höchstdruck $p_{max} = 68{,}5$ at abs

Zahlentafel 1.

Versuchs-Nr.	Belastungsgrad α	n min^{-1}	N_e PS	p_e at$_e$	B_e kg/PS$_e$h	η_{t_e} —
5	1,105	376	132,7	7,05	0,170	0,372
3	1,018	380	122,0	6,43	0,171	0,370
2	1,012	379	121,7	6,41	0,165	0,383
1	1,010	377	121,0	6,40	0,169	0,374
4	0,915	381	110,0	5,77	0,165	0,383
6	0,773	385	92,7	4,80	0,167	0,379
7	0,521	389	62,5	3,21	0,182	0,348
8	0,262	391	31,4	1,61	0,227	0,278

Abb. 34. Verbrauchskennlinien einer 120 PS-Maschine.
B Brennstoffverbrauch in 1 h
B_e spezifischer Brennstoffverbrauch
η_{t_e} thermodynamischer Wirkungsgrad
p_e nutzbarer mittlerer Kolbendruck.

Drucksteigerungsverhältnis durch die Verbrennung

$$\frac{p_{max}}{p_k} = \frac{68{,}5}{41} = 1{,}67$$

Verbrennung bei allen Belastungen vollkommen, Auspuff unsichtbar.

Zahlentafel 2 und Diagramm (Abb. 35) zeigen die Ergebnisse abhängig von $\alpha = \frac{N_e}{25}$. Die Zunahme des spezifischen Brennstoffverbrauches B_e für eine Belastungsänderung von $\alpha - 1$ auf $\alpha - 0{,}5$ beträgt

$$\frac{0{,}228 - 0{,}193}{0{,}193} \cdot 100 = 18{,}2 \text{ vH}$$

ist mithin rd. doppelt so groß wie für die größere Maschine von 120 PS$_e$.

Der Schmierölverbrauch betrug für Vollast in 3 h 25 min 0,230 kg, so daß der spezifische Verbrauch beträgt

2,66 g/PS$_e$h.

Auch bei dieser Maschine hätte die Überlastung noch über + 10,0 vH gesteigert werden können.

Für Vollast ergab sich der hohe mittlere nutzbare Kolbendruck $p_e = 6{,}12$ at (vergl. Versuch 9).

Abb. 35. Verbrauchskennlinien einer 25 PS-Maschine.
B Brennstoffverbrauch in 1 h
B_e spez. Brennstoffverbrauch
η_{t_e} thermodynamischer Wirkungsgrad
p_e nutzbarer mittlerer Kolbendruck

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß beide Maschinen bei allen Belastungen sowohl in ihrem thermischen als auch mechanischen Verhalten allen Anforderungen voll und ganz entsprechen. Während die kleinere Maschine für Vollast einen wirtschaftlichen Wirkungsgrad von 33,4 vH erreichte, stieg er bei der größeren Maschine auf 38,3 vH, einen Wert, der weder von Vorkammermaschinen noch von Viertakt- bzw. Zweitakt-Ölmaschinen mit Hochdruck-Strahleinspritzung übertroffen werden dürfte. Diese Zahlenwerte zeigen, daß die Spülung der Maschinen hervorragend gut durchgebildet ist, soweit sie nicht in dem gewählten Arbeitsverfahren der Junkersmaschinen ihre Erklärung finden."

Zahlentafel 2.

Versuchs-Nr.	Belastungsgrad α	n $\min^{-1}$	N_e PS	p_e at_e	B_e kg/PS$_e$h	η_{te} —
10	1,10	502 502	27,4 27,4	6,68	0,193 0,193	0,334
9	1,01	506 505	25,2 25,2	6,12	0,191 0,195	0,334
11	0,87	509 509	21,8 21,8	5,29	0,196 0,196	0,328
12	0,765	510 512	19,1 19,2	4,60	0,201 0,201	0,319
13	0,517	515 516	12,88 12,85	3,08	0,228 0,229	0,282
14	0,259	519 518	6,47 6,46	1,53	0,322 0,323	0,199

Nach den Versuchen von Prof. Neumann ist eine neue größere Ausführung (2 HK 200, $D = 200$ mm, $S = 700$ mm, $n = 325$, $N_e = 200$ PS$_e$) von der Herstellerin selbst geprüft worden. Danach sinkt mit wachsendem Zylinderdurchmesser der spezifische Brennstoffverbrauch weiter. Es hat sich für Zweizylindermaschinen ergeben:

Zahlentafel 3.

Zyl.-Dmr.	110	160	200	mm
n	500	375	300	Uml./min
N_e	50	120	200	PS$_e$
kleinster spez. Brennstoffverbrauch	191	165	157	g/PS$_e$h
Schmierölverbrauch	2—4	g/PS$_e$h		

[B 817]

Elektroschnellförderer.

Die Anlage besteht aus einer Gleisbahn mit einem elektrisch angetriebenen Wagen, der Massengüter und Stückgüter befördern soll. Für den ersten Fall ist der Wagen als Seitenentlader ausgebildet. Wesentlich bei dieser Förderart ist, daß der Betrieb ohne Bedienung vor sich geht, daß also die Bahn selbsttätig arbeitet. Sie arbeitet im Pendelverkehr, und es ist gleichgültig, ob die Bahn geradlinig oder in Krümmungen verläuft.

Die Arbeitsweise dieses Schnellförderers, Abb. 1 und 2, besteht darin, daß der Wagen an den beiden Endpunkten, d. h. an der Belade- und Entladestelle nicht abgebremst wird, sondern seine lebendige Kraft aufgespeichert und für die Rückbewegung benutzt wird, so daß also zum Ingangsetzen des Wagens keine Kraft nötig ist. Dies geschieht in einfachster Weise dadurch, daß das Gleis an den beiden Endpunkten überhöht angeordnet ist, der Wagen auf diese Überhöhungen aufläuft und zur Ruhe kommt.

Unter der Beschickvorrichtung wird der Wagen zum Beladen dadurch festgehalten, daß er sich an einer zahnstangenförmig ausgebildeten Schiene festhakt. Die Beschickvorrichtung besteht meist aus einem Schüttelschuh oder Speiseteller, doch können je nach der Art des Fördergutes auch andre Beladevorrichtungen verwendet werden. Der ankommende Wagen setzt diese Beladevorrichtung entweder durch Verschieben des Antriebriemens oder durch Einschalten des Stromes für den Antriebmotor in Tätigkeit. Ist der Wagen gefüllt, so entklinkt er sich dadurch selbsttätig, daß der Endauslauf an der Beladestelle als Wage ausgebildet ist und der Wagen, sobald er sein Füllungsgewicht aufgenommen hat, sich senkt. Der Inhalt des Wagens wird also auch gewogen.

Die Entladung erfolgt durch Entklinken der Seitenwände des Wagens, was durch eine unter dem Wagen angebrachte Rolle, die auf einen Entladefrosch aufläuft, erreicht wird. Damit der Wagen an jeder Stelle des Lagerplatzes entladen kann, ist der Endauslauf, an dem der Entladefrosch angeordnet ist, durch einen Seilzug verschiebbar angeordnet. Der Strom des Wagenmotors wird durch Schaltlineale geschaltet, die an den Endpunkten der Strecke vor den beiden Endausläufen angeordnet sind. Der Fahrdraht ist je nach den obwaltenden Verhältnissen entweder als Oberleitung angeordnet oder er verläuft seitlich von den Schienen. Die Seitenwände des Wagens werden dadurch geschlossen, daß sie durch eine Vorrichtung an einem der beiden Endausläufe zugedrückt werden und sich festklinken.

Der Wagen fährt mit 1 bis 5 m/s Geschwindigkeit, je nach den örtlichen Verhältnissen und der verlangten Leistung. Wegen der einfachen Fahrdrahtanordnung namentlich bei Weichen oder sonstigen verwickelten Gleisanlagen ist Gleichstrom die zweckmäßigste Stromart; der Wagen faßt 500 l. Der Kraftbedarf beträgt bei 50 m Förderlänge, 1500 kg/m³ Schüttgewicht des Fördergutes und 20 t Stundenleistung nur ½ PS.

Die Lager des Wagenuntergestelles sind staubdicht abgeschlossene Präzisionsrollenlager. Motor und Zahnradantrieb sind ebenfalls staubdicht gekapselt. Damit auch Krümmungen von geringem Halbmesser durchfahren werden können, ist die zweite Achse als Drehgestell ausgebildet.

Der Elektroschnellförderer ist gegenüber den bekannten stetigen Fördermitteln, wie Gurtförderern, Schüttelrinnen, Schnecken usw., nicht an die gerade Strecke gebunden; man kann also mit ihm das Fördergut auch im Winkel führen und mit einem einzigen Wagen entweder durch Anordnung mehrerer Gleise, die strahlenförmig von der Beschickvorrichtung ausgehen, oder durch Anordnung von Weichen große Lagerplätze beschicken.

Der Elektroschnellförderer mit unter dem Wagen befestigten Motor kann Steigungen bis 5 vH überwinden. Bei stärkeren Neigungen wird der Wagen mit einem endlosen Zugseil gekuppelt, das an dem einen Ende durch ein Windwerk angetrieben und am andern Ende gespannt wird. Auch hierbei wird die lebendige Kraft des Wagens nicht durch Bremsen vernichtet, sondern durch Auflaufen des Wagens auf die überhöhten Gleise an den beiden Endpunkten aufgespeichert.

Die Elektroschnellförderanlagen werden von der Firma Fühles & Schulze, München, gebaut. [M 649]

RZ 649 Z1

Abb. 1. Elektroschnellförderer von Fühles & Schulze als Selbstentlader unter der Beschickvorrichtung.

RZ 649 Z2

Abb. 2. Elektroschnellförderer von Fühles & Schulze an der Entladestelle vor dem Endauslauf.

Zur Hundertjahrfeier der Technischen Hochschule Karlsruhe.

Neues aus dem Flußbaulaboratorium und dem Institut für Beton und Eisenbeton.

Am 7. Oktober 1925 waren es hundert Jahre her, daß die Karlsruher „Polytechnische Schule" durch Erlaß des badischen Innenministeriums gegründet wurde. Eine große Anzahl der vielen Freunde und ehemaligen Angehörigen der Technischen Hochschule Karlsruhe werden Ende Oktober nach Karlsruhe kommen, um zusammen mit den Professoren und Studenten der Fridericiana das seltene Fest der Hundertjahrfeier würdig zu begehen.

Die ältesten Akten über die Einrichtung einer polytechnischen Schule in Karlsruhe stammen aus dem Jahre 1808 und unter den Männern, welche die Gründung betrieben, befanden sich Tulla und Weinbrenner. Aber erst 1825 fand der Plan die Zustimmung des Ministeriums, das drei schon früher bestehende Schulen — die Bauschule von Weinbrenner, eine Freiburger Gewerbeschule sowie die von Tulla eingerichtete Ingenieurschule — zur „Polytechnischen Schule" zusammenfaßte. Dank der Fürsorge des badischen Herrscherhauses und des Ministeriums entwickelte sich die neue Anstalt sehr rasch. Seit 1859 als Hochschule erklärt und seit 1885 mit der Bezeichnung „Technische Hochschule" wurde ihr Ruf durch ihre Lehrer und Schüler in alle Länder getragen.

Groß ist die Zahl der aus der Technischen Hochschule Karlsruhe hervorgegangenen Untersuchungen und Forschungsarbeiten. Ihre Institute und Laboratorien hatten schon bald Weltruf. So z. B. das Physikalische Institut, in dem Heinrich Hertz die elektrischen Wellen entdeckte, das Chemische Institut, in dem Carl Engler seine berühmten Untersuchungen anstellte, oder das Elektrische Institut, das durch Arnold begründet wurde.

In Karlsruhe übten Redtenbacher und Grashof ihre für die Entwicklung des neueren Maschinenbaues so überaus segensreiche Tätigkeit aus.

Über die Gesamtheit der heute an der Technischen Hochschule Karlsruhe für Lehr- und Forschungszwecke vorhandenen Laboratorien und Institute ist in einer besonderen Festschrift berichtet worden. Im folgenden seien deswegen aus den vielen bestehenden nur zwei Institute herausgegriffen, die beide in ihrer Art mustergültig sind.

Das Karlsruher Flußbaulaboratorium,

vom Geh. Oberbaurat Professor Dr.-Ing. Th. Rehbock eingerichtet, ist zurzeit das größte seiner Art.

Der Wert der wasserbaulichen Modellversuche ist bekannt. Die zahlreichen, im Laufe des vergangenen Vierteljahrhunderts im Karlsruher Flußbaulaboratorium untersuchten Modelle stellen bereits ein kleines Museum dar. Bedeutende Summen konnten durch diese in öffentlichem oder privatem Auftrag ausgeführten Untersuchungen an den betreffenden Bauwerken gespart werden, und viele Bauwerke

Abb. 1. Ostflügel des Laboratoriums von Osten gesehen mit Durchblick über die Schlepprinne mit dem Eichwagen im Westflügel.
Im Vordergrunde Modell 1 : 5 des Raumünzach-Zuleitungsstollens.

Abb. 4. Blick vom Westende in den unteren Raum. Modell des Wehrteiches und Stolleneinlaufes des Elektrizitätswerkes Zell i. W.

Abb. 1 und 4. Flußbaulaboratorium der T. H. Karlsruhe.

a Betriebsleiter des Flußbaulaboratoriums, darüber Zimmer des Direktors
b Werkstätte für Gipsmodelle, darüber Assistentenzimmer
c „ „ Metallarbeiter
d „ „ Holzarbeiter
e große Prüfstation für Wassermesser (S. & H.) Tosbecken
g Springbrunnen mit Aufsaugbecken
h Turbine
i Absturzanlage Linachwerk
k kurze Glasrinne für 100 l/s
l lange „ „ 200 l/s
m kippbare eiserne Flußbaurinne mit Kanalmodell 1:50
n Windwerk
o Meßwehre
p Bedienungssteg
q Hochbehälter
r Düseneichvorrichtung

s Einlaufbecken
t eiserne Versuchsrinne
u Venturimesseranlage
v Modell des Raumünzachstollens 1:5
w „ eines Absturzbauwerkes 1:10
x Auslaufbecken
y schmale Glasrinne für 100 l/s
z Ablaufschächte zur Rücklaufrinne
a_1 große Beton-Flußbaurinne, Nutzlänge 25 m
b_1 elektrisch angetriebener Meßwagen
c_1 Zahnschwelle
d_1 Pegelschächte
e_1 Modell eines Wasserschlosses
f_1 westliche Rücklaufrinne
f_2 östliche „
g_1 Klärbecken
h_1 Assistentenzimmer
i_1 Pumpen.

Abb. 2 und 3. Flußbaulaboratorium der Technischen Hochschule Karlsruhe, Lageplan und Längsschnitt.

Abb. 5. Teil des neu in Gebrauch genommenen Prüfmaschinenraumes im Institut für Beton und Eisenbeton der Techn. Hochschule Karlsruhe.

Abb. 6. Versuchseinrichtung für Gußbeton des Instituts für Beton und Eisenbeton.

gewannen durch diese Modellversuche erst Form. Gleichzeitig diente das Laboratorium Lehr- und Forschungszwecken. So zeigt Abb. 1 eine Gruppe von Studierenden der Bauingenieurabteilung bei den Übungen im Laboratorium an dem Modell 1 : 5 des Raumünzachstollens für das bekannte Murgwerk in Baden (Z. Bd. 67 (1923) S. 429). Die jetzige Einrichtung des Laboratoriums zeigen Abb. 2 und 3, woraus man die vielseitige Verwendbarkeit der Einrichtung des Laboratoriums erkennen kann. Ein näheres Eingehen auf die Einzelheiten der Laboratoriumseinrichtung erübrigt sich, da darüber bereits an verschiedenen Stellen berichtet worden ist[1]).

Statt dessen seien einige der wichtigsten Untersuchungen genannt, die in letzter Zeit im Flußbaulaboratorium ausgeführt wurden. In Abb. 4 erkennt man rechts das Modell des Wehrteiches und Stolleneinlaufes des Elektrizitätswerkes Zell i. W. In den hydraulischen Rinnen wurden zuletzt die Versuche für die beiden Anlagen des Ostpreußenwerkes in Friedland und Groß-Wohnsdorff an der Alle (Z. Bd. 69 (1925) S. 164) ausgeführt. Bei diesen Versuchen wurde zuerst die Zahnschwelle als kolkvermindernde Begrenzung von Sturzbetten für Wehranlagen ausgebildet. Über diese wichtige Konstruktion berichtet Geh. Rat Rehbock in der Festschrift zur Hundertjahrfeier der Technischen Hochschule Karlsruhe und auf S. 1382 dieses Heftes.

Ferner seien die Versuche genannt, die an Bauwerken zum Abschluß der Zuidersee ausgeführt wurden. Vor allem wurde der mächtige Damm, der künftig in 30 km Länge das Ysselmeer abschließen soll, in seinen einzelnen Baustadien untersucht.

Das vor sechs Jahren gegründete

Institut für Beton und Eisenbeton,

Leitung Professor Dr.-Ing. E. Probst, hat in den wenigen Jahren seines Bestehens bereits viel zur Klärung der beim Beton- und Eisenbetonbau auftretenden Fragen beigetragen. Das Institut ist in einem besondern, erst in diesem Sommer erweiterten Gebäude untergebracht, wo alle für die Untersuchung der chemischen und mechanischen Eigenschaften erforderlichen Einrichtungen zu finden sind. Abb. 5 zeigt einen Teil des neu in Gebrauch genommenen Prüfmaschinenraumes des Instituts und Abb. 6 zeigt eine Versuchseinrichtung für Gußbeton, wie sie wohl nur bei wenigen ähnlichen Instituten vorhanden sein dürfte. Für die Studierenden der Bauingenieurabteilung und der für Architektur sind im Anschluß an die Vorlesungen und Konstruktionsübungen praktische Laboratoriumsübungen eingerichtet, die sehr stark besucht sind.

Von den nach einem großzügigen Programm ausgeführten Forschungsarbeiten über Beton seien nur einige wenige genannt. So wurde die Wasserdichtigkeit von Beton und Eisenbeton geprüft, der Einfluß der Kornzusammensetzung der Zuschlagstoffe auf die elastischen und Festigkeitseigenschaften untersucht. Für die Emscher-Genossenschaft wurde eine große Versuchsreihe über die Einwirkung von Magnesiumsulfatlösung auf Mörtel und Beton ausgeführt. Der Tonerdezement wurde hinsichtlich seiner verschiedenen mechanischen und elastischen Eigenschaften sowie hinsichtlich seiner Widerstandsfähigkeit gegenüber chemischen Angriffen untersucht. Unter den letzten Arbeiten sind Untersuchungen über Gußbeton, die mit der aus Abb. 6 ersichtlichen 10,5 m hohen Gußbetonanlage ausgeführt wurden, und Versuche über den Einfluß wiederholter Belastungen auf Elastizität und Festigkeit von Beton und Eisenbeton zu nennen; auch über diese wird in der Festschrift zur Hundertjahrfeier der Technischen Hochschule Karlsruhe berichtet. In dem Institut wurde ferner noch eine große Anzahl von Untersuchungen ausgeführt, um für große Bauwerke günstige Betonmischungen und dergl. zu finden. Weitere wichtige Aufklärungen sind für viele Fragen des Beton- und Eisenbetonbaues von den in großer Zahl noch im Gange befindlichen Versuchsreihen zu erwarten.

Die vorstehenden kurzen Ausführungen über zwei von den Karlsruher Instituten, denen man noch eine große Zahl andrer musterhafter Karlsruher Laboratorien an die Seite stellen könnte, zeigen, wie das wissenschaftliche Versuchswesen in vielfacher Weise den Ingenieuren zur Seite tritt: während der Studienzeit als Lehr- und Lernmittel, später durch Mitteilungen über neue Forschungsergebnisse sowie in schwierigen Fällen durch Versuche über besondere Fragen, die den praktischen Ingenieur im Zusammenhang mit seinen Aufgaben gerade bewegen. [B 1024]

Karlsruhe. Dr.-Ing. Ferd. Schleicher.

[1]) Eingehend in dem demnächst im VDI-Verlag erscheinenden Buch „Die Flußbaulaboratorien Europas“.

Bekämpfung der Sohlenauskolkung bei Wehren durch Zahnschwellen.

Von Professor Dr.-Ing. Theodor Rehbock, Karlsruhe.

Die Vernichtung der Energie des Wassers beim Abstürzen über Wehre und beim Durchfluß unter Schützen erfolgt am besten durch auf dem Wasserstrom liegende Deckwalzen. Da aber die Deckwalzen dem Wasserstrom die Energie nur an der Oberfläche entziehen werden die Abflußgeschwindigkeiten dicht über der Sohle nicht genügend verringert. Die Zahnschwellen haben die Aufgabe, die Auskolkungen zu mindern oder zu verhindern, indem sie die Sohlengeschwindigkeiten verkleinern.

Beim Absturz über Wehre und beim Durchfluß unter Staukörpern nimmt das Wasser große Geschwindigkeiten v an, die sich aus der Absturzhöhe z näherungsweise zu $v = \sqrt{2gz}$ ergeben. Das Wasser greift dabei die Flußsohle und die anschließenden Ufer stark an. Aufgabe des Ingenieurs ist es, dafür zu sorgen, daß die auftretenden großen Geschwindigkeiten v des Wassers, die schon bei kleinen Absturzhöhen z die Wellengeschwindigkeit $\sqrt{gt}$ im Flußbett von der Tiefe t übersteigen, auf einer möglichst kurzen Lauflänge so stark abgebremst werden, daß die mittlere Abflußgeschwindigkeit wieder unter die Wellengeschwindigkeit sinkt.

Zur Erreichung dieses Zieles werden vielfach unterhalb der Wasserabstürze vertiefte Sturzbecken, Schwellen und andre Abflußhindernisse angebracht, die dazu dienen sollen, die Bewegungsenergie des Wassers durch Reibung zu vernichten. Diese Vorrichtungen haben aber den Nachteil, daß sie erhebliche Kosten verursachen, stark abgenutzt werden und die Abwanderung der von den Wasserläufen mitgeführten Sinkstoffe erschweren. Sie können in den meisten Fällen entbehrt werden, da die Beobachtung zeigt, daß selbst auf einem wagerechten Sturzbett ohne jede Aufbauten sogar bei hohen Gefällen die Vernichtung der beim Absturz des Wassers erzeugten kinetischen Energie schnell vor sich geht, da das Wasser sich selbst einen Energievernichter von großer Wirksamkeit zu schaffen vermag. Dieser Energievernichter, der alle künstlichen Energievernichter an Wirksamkeit weit übertrifft, ist eine sich auf dem Wasserstrom bildende Wasserwalze, eine sogenannte Deckwalze, die stets von selbst entsteht, wenn das anschließende Flußbett kein übermäßiges Gefälle hat[1]). Nur wenn das Gefälle des Flußbettes unterhalb des Wehres so stark ist, daß das Wasser schon im unbeeinflußten Bett schießend abfließt, oder wenn sich der Wasserspiegel dicht an der Grenzlage befindet, unterbleibt auf einem wagerechten Sturzbett die Bildung einer Deckwalze. In diesem Falle muß durch die Anbringung eines vertieften Sturzbeckens, das — um die Durchleitung der Sinkstoffe nicht zu stören — zweckmäßig eine muldenförmige Gestalt ohne scharfe Kanten erhält, eine Deckwalze künstlich erzeugt werden, wie es bei dem Sihl-Überfall in der Stadt Zürich, in dem die linksufrige Zürichseebahn unter dem reißenden Sihlfluß unterführt wird, auf Grund von Modellversuchen im Karlsruher Flußbaulaboratorium geschehen ist.

Die Deckwalzen entziehen dem unter ihnen durchfließenden Wasser große Mengen mechanischer Energie, indem sie diese durch Reibung in Wärmeenergie umwandeln, die für das Flußbett unschädlich ist.

Die durch die Deckwalzen ausgeübte Energievernichtung ist so vollkommen, daß der Wasserstrom stets mit einer geringeren als der Wellengeschwindigkeit ($v < \sqrt{gt}$) — d. h. strömend — aus den Deckwalzen hervorfließt, selbst wenn er am Fuß des Wehres mit einer die Wellengeschwindigkeit übersteigenden Geschwindigkeit — d. h. schießend — unter die Deckwalze tritt. Auf die Wirkung solcher Deckwalzen ist auch die oft sehr bedeutende Energievernichtung bei Wasserfällen zurückzuführen, durch die z. B. beim Niagarafall dauernd rd. 5 Mill. PS in Wärme umgesetzt werden.

Der Wasserinhalt der diese gewaltige Arbeit leistenden Deckwalzen braucht dabei keineswegs übermäßig groß zu sein. Für die Vernichtung der beim Absturz von der Höhe h erzeugten Energie genügt schon ein Wasserinhalt der Deckwalzen V, dessen Größe zwischen

$$V' = 3{,}6\,Q\sqrt{\frac{h}{g}} \quad \text{und} \quad V'' = 7{,}2\,Q\sqrt{\frac{h}{g}}$$

ermittelt wurde, wobei Q die sekundliche Abflußmenge des Wasserlaufes und g die Erdbeschleunigung bedeuten.

Nach dieser empirisch abgeleiteten Formel würde z. B. für die Wasserberuhigung unterhalb des Absturzes einer Wassermenge von 400 m³/s um 6 m Höhe unter Umständen schon eine Deckwalze von weniger als 1200 m³ Inhalt genügen, d. h. eine Wasserwalze, die bei einer Wehrlänge von 60 m kaum 20 m² Querschnitt zu haben braucht. Eine solche Deckwalze würde dazu ausreichen, dem Wasserstrom eine mechanische Energie

$$E = \frac{400 \cdot 1000 \cdot 6}{75} = 32\,000 \text{ PS}$$

dauernd zu entziehen. Die Lauflänge, die zu dieser Energieentziehung erforderlich ist, übersteigt dabei 20 m nicht, so daß auf 1 m Abflußlänge 1600 PS dem Wasser entzogen werden. Das Wasser fließt demnach in diesem Fall schon rd. 20 m vom Wehrfuß entfernt wieder mit einer mittleren Geschwindigkeit ab, die etwa der normalen im unverbauten Flußbett entspricht.

Wenn trotzdem unterhalb von Wehren sich weithin erstreckende, tiefe Auskolkungen der Flußsohle auch noch unterhalb des stromabwärts gelegenen Endes der Deckwalzen entstehen, so ist das darauf zurückzuführen, daß infolge der Energieentziehung von der Oberfläche des Wasserstromes aus die Energieverteilung im Wasserstrom unterhalb der Deckwalzen eine andre ist als bei einer normalen Flußstrecke, bei der die Energie überwiegend durch Reibung an der Flußsohle von der Unterseite des Wasserstromes her entzogen wird. Infolge der Energieentziehung durch die Reibung an der Flußsohle liegen nämlich die kleinsten, hinter der mittleren Geschwindigkeit erheblich zurückbleibenden Wassergeschwindigkeiten im normalen ungestauten Strom dicht über der Sohle. Die Angriffe des Wassers auf die Sohle sind daher nur gering, da nur die Sohlengeschwindigkeiten Auskolkungen hervorrufen. Ganz anders ist die Geschwindigkeitsverteilung stromabwärts von einer Deckwalze. Da die Energieentziehung durch die Deckwalzen diejenige durch die Sohlenreibung an Größe weit übertrifft, befinden sich in einem durch eine Deckwalze beruhigten Wasserstrom die größten Wassergeschwindigkeiten nicht in der Nähe der Oberfläche, sondern dicht über der Sohle. Die in diesem Falle die mittleren Geschwindigkeiten übertreffenden Sohlengeschwindigkeiten können selbst bei mittleren Geschwindigkeiten im ganzen Wasserstrom, die

[1]) Th. Rehbock, Betrachtungen über Abfluß, Stau- und Walzenbildung bei fließenden Gewässern, Berlin 1917 Julius Springer, S. 26 u. f.

Abb. 1. Anordnung einer Zahnschwelle, vom Unterwasser aus gesehen.

Abb. 2. Schematische Darstellung der Wirkungsweise einer Zahnschwelle.

Abb. 3. Umgestaltung der ursprünglich ebenen Flußsohle bei einem Sturzbett ohne Zahnschwelle.

Abflußmenge: im Modell 26,2 l/s, in der Natur 265 m³/s;
Abflußdauer: im Modell 2 h, in der Natur 12,7 h.

Abb. 4. Umgestaltung der ursprünglich ebenen Flußsohle bei einem Sturzbett mit Zahnschwelle.

Abflußmenge: im Modell 26,2 l/s, in der Natur 265 m³/s
Abflußdauer: im Modell 2 h, in der Natur 12,7 h.

Abb. 3 und 4. Vergleichsversuche an einem Teilmodell 1 : 40 der Hauptentlastungsanlage des Kraftwerkes Friedland der Ostpreußenwerk-A.-G. zur Feststellung der Wirkung einer Zahnschwelle am Ende des befestigten Sturzbettes.

bei normalem Abfluß für die Sohle unschädlich sind, starke Sohlenangriffe hervorrufen. Die Befestigung des Flußbettes müßte, um diese Angriffe auf die Flußsohle zu verhüten, demnach bis erheblich unterhalb des Endes der Deckwalzen so weit stromabwärts geführt werden, bis sich die normale Geschwindigkeitsverteilung im Wasserlauf wieder eingestellt hat. Da die Kosten eines so weit abwärts geführten Sturzbettes sehr hoch sein würden, wurde vom Verfasser versucht, ein weniger kostspieliges und doch genügend wirksames Mittel aufzufinden, das einen genügenden Schutz der Flußsohle vor Auskolkungen gewährleistet.

Von den zahlreichen untersuchten Vorrichtungen, die dazu dienen sollten, die normale Geschwindigkeitsverteilung im Wasserstrom durch Minderung der Sohlengeschwindigkeiten und entsprechende Vermehrung der Oberflächengeschwindigkeiten, d. h. durch Ablenkung eines Teiles der kinetischen Energie des Wassers nach der Oberfläche des Wasserstromes hin möglichst schnell herzustellen, haben sich bei einer langen Reihe ausgeführter Modellversuche besonders geformte gezahnte Schwellen hervorragend bewährt.

Die Zahnschwellen[1]) bestehen aus einer niedrigen, am Ende des ebenen Sturzbettes quer über das Flußbett hinüber angebrachten, dachartigen Schwelle, die in regelmäßigen Abständen stromaufwärts gerichtete Zähne mit lotrechter Stauwand hat, wie dies aus Abb. 1 ersichtlich ist.

Die günstigste Lage im Wasserstrom und die besten Abmessungen der einzelnen Teile der Zahnschwellen werden am zweckmäßigsten für jeden Einzelfall durch Versuche an Modellen ermittelt, falls die Verhältnisse nicht mit bereits früher untersuchten und bewährten Anlagen einigermaßen übereinstimmen.

Der kolkverhütende Einfluß der Zahnschwelle ist durch die günstige Einwirkung der folgenden wesentlichen Elemente der Zahnschwellen auf den Wasserabfluß bedingt:

1. die lotrechte Stirnwand der Zähne,
2. die sanft stromabwärts ansteigende Sohle der Lücken zwischen den Zähnen, die zugleich als Spülkanäle Auflandungen oberhalb der Schwelle verhüten,
3. die schwach stromabwärts abfallende Oberfläche der Zahnschwelle, die ohne jeden schroffen Absturz in die Flußsohle übergeht.

Die Wirkung der Schwellen, Abb. 2, ist im wesentlichen daraus zu erklären, daß ein Teil der nahe der Sohle über die wagerechte Sturzbettplatte fließenden Wasserfäden durch die Zähne der Schwelle von der Sohle abgehoben wird, wobei sich stromabwärts von der Schwelle eine langgestreckte Grundwalze mit stromaufwärts gerichteter Grundströmung bildet. In diese Grundströmung ergießt sich der durch die Zahnlücken hindurchgehende Teil der Wasserfäden in entgegengesetzter Richtung fächerartig, wodurch die Geschwindigkeiten des Wassers im unteren Teil der Grundwalze so weit abgebremst werden, daß sie auch die unbefestigte Sohle nicht mehr wesentlich anzugreifen vermögen. Durch die aus dem oberen Teil der Zahnlücken austretenden sanft aufwärtsgerichteten Wasserströme wird zugleich der durch die Zähne nach oben abgelenkte Hauptstrom daran gehindert, sich wieder schroff auf die Sohle zu senken und Kolkbildungen hervorzurufen. Durch das Zusammendrängen der Wasserfäden an der Oberfläche des Wasserstromes werden hier die Abflußgeschwindigkeiten erhöht, was bei der gleichzeitigen Verkleinerung der Sohlengeschwindigkeiten zur Erzeugung der normalen Geschwindigkeitsverteilung im Gesamtstrom führt.

[1]) DRP Nr. 413 708.

Die Zahnschwelle wurde zuerst bei der Hauptentlastungsanlage des Kraftwerkes Friedland der Ostpreußenwerk-A.-G. an der Alle angewandt, nachdem eine Reihe von Modellversuchen die überraschend günstige Wirkung der Zahnschwellen ergeben hatte.

An Modellen der für die Abführung von Hochwassermengen bis zu 400 m³/s bei 8 bis 12 m Absturzhöhe bestimmten Hauptentlastungsanlage des Werkes Friedland im Maßstab 1 : 50, 1 : 40 und 1 : 10 wurden beim Fehlen und beim Vorhandensein einer Zahnschwelle zahlreiche Vergleichsversuche ausgeführt. Abb. 3 und 4 zeigen die Ergebnisse von Versuchen an einem Teilmodell 1 : 40, das zwischen parallelen Spiegelglaswänden eingebaut war und einen 20 m breiten Teil des Gesamtbauwerkes von 43 m Breite wiedergibt.

Wie der Längsschnitt, Abb. 5, zeigt, besteht die Entlastungsanlage aus einem im unteren Teil unter 1 : 1,75 geneigten Abschußboden, an den sich ein befestigtes wagerechtes Sturzbett aus Beton von 27 m Länge anschließt.

Die auf dem geneigten Abschußboden auftretenden bedeutenden Wassergeschwindigkeiten, die bis über 14 m/s anwachsen[2]), werden über dem befestigten Sturzbett durch die energieverzehrende Wirkung der sich auf dem Wasserstrom bildenden Deckwalze so stark abgebremst, daß das Wasser schon am Ende des Sturzbettes, d. h. nach einer Lauflänge von 27 m, strömend abfließt und nur noch eine mittlere Abflußgeschwindigkeit von etwa 1 m/s hat.

Abb. 3 zeigt die durch einen Modellversuch bei fehlender Zahnschwelle ermittelte Umgestaltung der an das

[2]) Alle Zahlenangaben sind, wo nichts anderes bemerkt ist, die nach dem hydraulischen Aehnlichkeitsgesetz auf die natürlichen Verhältnisse umgerechneten Werte.

Abb. 5. Längsschnitt durch das Absturzbauwerk des Kraftwerkes Friedland mit Zahnschwelle.

Sturzbett anschließenden Flußsohle nach 12,7stündigem Durchfluß [1]) einer Hochwassermenge, die einem Abfluß von 265 m³/s oder rd. 6 m³/s für 1 m Abflußbreite für die Gesamtanlage entspricht.

Die bei diesem Versuch beobachteten starken Auskolkungen sind deshalb besonders schädlich, weil sie unmittelbar neben den das Flußbett begrenzenden Ufermauern ihre größte Tiefe von 2,9 m aufweisen und dadurch den Bestand dieser Mauern, unter Umständen aber auch denjenigen des befestigten Sturzbettes selbst gefährden.

Die Wiederholung des Versuches mit einem gleichfalls wagerechten Sturzbett, an dessen Ende eine Zahnschwelle von 2,5 m Breite und 0,5 m Höhe mit 1 m hohen Zähnen angebracht war, hat unter sonst gleichen Verhältnissen das in Abb. 4 dargestellte Ergebnis geliefert. Infolge der günstigen Wirkung der Zahnschwelle entstanden bei diesem Versuche nur Kolke von wesentlich kleinerer Tiefe. Unmittelbar vor der Zahnschwelle trat überhaupt keine Auswaschung der Flußsohle, sondern im Gegenteil an einzelnen Stellen sogar eine geringe Aufhöhung ein, so daß der Bestand des befestigten Sturzbettes selbst beim Fehlen einer schützenden Spundwand nicht gefährdet sein würde. Die besonders schädlichen Auskolkungen vor den Ufermauern waren auf einen verschwindend kleinen Bruchteil (rd. 10 vH) der bei fehlender Schwelle beobachteten Tiefe zurückgegangen. Eine stärkere Sohlensenkung, die aber mit 0,97 m auch nur 35 vH der bei fehlender Schwelle beobachteten größten Tiefe erreichte, war mitten im Fluß entstanden, wo ein Kolk unschädlich und zur Erzeugung eines gleichmäßigen Abflusses sogar erwünscht ist[2]). Ähnlich günstige Ergebnisse wurden bei allen ausgeführten Modellversuchen festgestellt.

Abb. 6. Längsschnitt durch das Sturzbett und den Kolk.

Abb. 8. Lageplan der Entlastungsanlage.

Abb. 6 bis 8. Beobachtete Kolkbildung bei der Hochwasserentlastungsanlage des Kraftwerkes Friedland[3]).

Inzwischen ist die Hochwasserentlastungsanlage des Werkes Friedland in der vom Verfasser vorgeschlagenen Gestalt mit einer Zahnschwelle am Ende des Sturzbettes ausgeführt worden. Im Frühjahr 1924 ist auch bereits ein ungewöhnlich großes Hochwasser von mehr als dreißigtägiger Dauer mit einer höchsten Abflußmenge von 265 m³/s über das Bauwerk hinübergegangen. Die nach diesem Hochwasser von der Ostpreußenwerk-A.-G. durch Peilungen aufgenommene Gestalt der vom Wasser umgestalteten Flußsohle ist in Abb. 6 bis 8 dargestellt. Wie diese Aufnahme erkennen läßt, sind die auf die Wirkung der Zahnschwelle gesetzten Erwartungen durchaus in Erfüllung gegangen. Denn es sind weder unmittelbar vor der Zahnschwelle selbst noch vor den seitlichen Begrenzungslinien des Bauwerkes Kolkbildungen aufgetreten.

Die kleine, völlig belanglose 1,5 m breite und 0,6 m tiefe Rinne, die an einer Stelle bis an das Sturzbett heranreicht, kann nicht auf die Kolkwirkung des überfließenden Wassers zurückgeführt werden, muß vielmehr durch örtliche Einflüsse, wahrscheinlich durch eine hier austretende Quelle, entstanden sein. Auf Grund des günstigen Befundes der Sohlenaufnahme hat die Ostpreußenwerk-A.-G. beschlossen, von jeder Nacharbeit am Sturzbett der Entlastungsanlage abzusehen. Da das Frühjahrshochwasser des Jahres 1924 ungewöhnlich groß gewesen ist, bestehen trotz der großen Abflußmengen und der bedeutenden Fallhöhe des Wassers auch für die Zukunft keinerlei Befürchtungen für die Flußsohle vor dem Sturzbett und für die angrenzenden Bauteile, obschon das Allebett aus feinem, leichtbeweglichen Boden besteht. Die Zahnschwelle hat sich demnach durchaus bewährt und die auf sie gesetzten Erwartungen sogar noch übertroffen[4]).

In gleicher Weise wie bei Wasserabstürzen über Wehre und Abschußböden können Zahnschwellen zum Schutz der Sohle beim Abfluß von Wasser unter Schützen, Walzen und anderen Staukörpern benutzt werden.

Die Zahnschwelle ist bei solchen Anlagen seither nur bei einem Bewässerungskanal am Piurafluß in Nordperu angewendet worden. Sie hat auch hier die auf Grund der Modellversuche erwartete günstige Wirkung gezeigt.

Bei der großen Bedeutung, welche einem Mittel zur Minderung der Kolkbildungen bei Wehren zuzumessen ist, sind nach Abschluß der für die Friedländer Entlastungsanlage und für den Entwässerungskanal im Piuragebiet ausgeführten Versuche im Karlsruher Flußbaulaboratorium

[1]) s. Anmerkung [2]) auf S. 1383.

[2]) Photographische Aufnahmen der Vergleichsversuche finden sich in dem im VDI-Verlag erscheinenden Werk „Die Wasserbaulaboratorien Europas", Berlin 1925.

[3]) Aufnahme vom 12. Juni 1924 nach 33tägiger Ueberflutung mit Hochwassermengen bis 265 m³/s.

[4]) Die Abweichungen der Naturaufnahme des Kolkes in Abb. 6 bis 8 von der Aufnahme in Abb. 4 erklären sich zum Teil aus der Verwendung eines Teilmodells mit Glaswänden bei den Modellversuchen und aus den vom Naturabfluß abweichenden Abflußmengen bei den Modellversuchen, zum Teil aber auch daraus, daß das Flußbett in der Natur bei der Vollendung des Werkes nicht eingeebnet wurde, und daß das im alten Allebett abfließende Wasser den unbefestigten Teil der Sohle vor der Zahnschwelle zum Teil schräg überfließt, Abb. 8. Dabei konnte kein völlig identisches Kolkbild entstehen. Auch die Tiefe des Modellkolkes kann schon wegen der wesentlich kürzeren Ueberflutungszeit nicht mit der Kolktiefe im Naturbett verglichen werden.

Abb. 7. Querschnitt durch den Kolk unterhalb des Sturzbettes.

zahlreiche weitere Modellversuche mit Zahnschwellen ausgeführt worden, die sämtlich die günstige Wirkung der Zahnschwellen unter den verschiedensten Verhältnissen bewiesen haben. So wurde bei Versuchen für die Entwässerungsschleusen im Abschlußdamm der Zuidersee bei Anbringung einer Zahnschwelle eine Minderung der auftretenden Kolktiefen bis zu 3 m festgestellt.

In den letzten Monaten gaben Entwurfsarbeiten für einen 8 km langen Entwässerungskanal am Nilufer-Fluß bei Brussa in Kleinasien, in dem 16 Absturzbauwerke zur Gefällvernichtung eingebaut werden sollen, den Anlaß zu einer systematischen Untersuchung über die Ausbildung der Sturzbetten ohne und mit Zahnschwelle. Bei diesen Versuchen wurde die Sturzbettbreite von 24 m um jeweils 3 m bis auf 3 m verringert. Für den stets gleichen Wasserdurchfluß von 3,125 m³/s auf 1 m Wehrlänge wurden hierbei die auftretenden Kolktiefen beim Fehlen und beim Vorhandensein einer Zahnschwelle festgestellt.

In allen Fällen wurde infolge der Wirkung der Zahnschwellen eine starke Minderung der Kolktiefen und eine wesentlich bessere Lage der Kolke ermittelt. Die größten Kolktiefen wurden bei allen untersuchten Sturzbettbreiten durch die Zahnschwellen um 60 bis 75 vH verringert. Während bei fehlender Zahnschwelle auch Auskolkungen unmittelbar unterhalb der befestigten Sturzbettplatte auftraten, wurden beim Vorhandensein einer Zahnschwelle in keinem Fall Auskolkungen unmittelbar vor dem Sturzbett festgestellt. Die Sohle schloß sich vielmehr stets mit schwachem Gefäll an die Oberfläche der Zahnschwellen an.

Diese Versuche lieferten noch ein weiteres wertvolles Ergebnis. Sie zeigten, daß selbst bei einer aus leichtbeweglichen feinen Bestandteilen bestehenden Flußsohle beim Vorhandensein einer Zahnschwelle eine sehr starke Einschränkung der Sturzbettbreite möglich und sogar vorteilhaft ist.

Während die Breite der Sturzbetten bei den 3 m hohen festen Wehren für eine Stauhöhe von 1,2 m ursprünglich zu 10,5 m vorgesehen war, ergaben die Modellversuche die Möglichkeit der Verringerung der Sturzbettbreite bis auf 3 m, was für die 16 Staustufen eine Betonersparnis von zusammen über 4000 m³ bedeutet. Das Ergebnis der Versuche für ein nur 3 m breites Sturzbett, das nicht einmal bis zum Ende der die Energie des Absturzes vernichtenden Deckwalze reicht, ist aus Abb. 9 bis 11 ersichtlich.

Bei fehlender Zahnschwelle ergab sich eine ganz wilde, stoßweise Auskolkung der Sohle, die praktisch nicht geduldet werden könnte. Schon nach Verlauf einer einzigen Minute zeigt die Flußsohle des Modelles das aus Abb. 9 ersichtliche Bild mit einem kurzen, tiefen, dicht am befestigten Sturzbett liegenden Kolk, dessen Tiefe die Stauhöhe der Wehrschwelle übersteigt, und einer anschließenden hohen Auflandung. Durch diese Auflandung wird dann infolge eintretender Hebung des Wasserstromes das Abflußbild gänzlich geändert. Es bildet sich unter dem Wasserstrom eine Grundwalze, die einige Minuten lang den Kolk wieder teilweise zuwirft, bis dann plötzlich nach dem Fortreißen dieser Grundwalze wieder eine neue Auskolkung entsteht. Dabei wird der Kolk bei nur geringer Änderung seiner Tiefe allmählich immer mehr in wagerechtem Sinne verbreitert. Nach vierstündiger Wasserdurchleitung durch das Modell war der in Abb. 10 dargestellte Längsschnitt entstanden, ohne daß die stoßweise Änderung des Abflußbildes und der Sohlengestalt aufhörte. Nur die Zeitdauer der einzelnen Perioden wurde allmählich größer.

Ganz anders ist die Erscheinung beim Vorhandensein einer Zahnschwelle. Der plötzliche Wechsel

Abb. 9. Längsschnitt durch das umgestaltete Flußbett nach einer Überflutung von 1 min bei fehlender Zahnschwelle.

Abb. 10. Längsschnitt durch das umgestaltete Flußbett nach einer Überflutung von 4 h bei fehlender Zahnschwelle.

Abb. 11. Längsschnitt durch das umgestaltete Flußbett nach einer Überflutung von 4 h bei eingebauter Zahnschwelle von 0,50 m Breite und 0,20 m Höhe.

Abb. 9 bis 11. Vergleichende Versuche zur Feststellung des Einflusses einer Zahnschwelle auf die Kolkbildung bei einem Absturzbauwerk von 3 m Höhe und einem wagerechten Sturzbett von 3 m Breite.

Abflußmenge: 3,125 m³/s auf 1 m Wehrlänge, Unterwassertiefe + 3,10 m, Maßstab des Modells 1 : 25, Maßstab der Zeichnung 1 : 300.

der Kolkerscheinungen fällt hier vollständig fort. Die Sohle wird nur ganz wenig umgestaltet. Es bildet sich bald ein Beharrungszustand aus, bei dem auf eine Längenerstreckung der drei- bis vierfachen Stauhöhe unterhalb des befestigten Sturzbettes keine Senkung, sondern vielmehr eine schwache Hebung der Flußsohle auftritt. Die Wirkung des Wassers auf die Sohle ist trotz der ungewöhnlichen Kürze des Sturzbettes demnach so günstig, daß nicht einmal die Anbringung einer Herdmauer oder einer Spundwand am Sturzbettende erforderlich erscheint.

Bei den Versuchen für die Absturzbauwerke im Niluferkanal wurden die Untersuchungen auch auf die erforderliche Größe der Zahnschwellen ausgedehnt. Dabei wurde festgestellt, daß die Abmessungen einer Zahnschwelle ohne Beeinträchtigung der günstigen Wirkung sehr klein gewählt werden können. Bei den in Abb. 9 bis 11 dargestellten Versuchen wurde die Höhe der durchlaufenden Schwelle für die natürlichen Verhältnisse nur zu 10 cm, die Höhe der Zähne von der Sturzbettoberfläche aus gemessen aber nur zu 20 cm angenommen bei einer Sohlenbreite der Schwelle von 50 cm. Auch diese Maße können noch unbedenklich um ein Viertel verkleinert werden.

Die durchlaufenden Dachschwellen erfordern nach dem Ergebnis der Versuche unter normalen Verhältnissen nur eine Höhe von 1/12 bis 1/24 der Absturzhöhe des Wassers, während für die aufgesetzten Zähne eine Höhe von 1/6 bis 1/12 der Absturzhöhe genügt. Bei diesen kleinen Abmessungen ist für die üblichen mittleren Absturzhöhen eine fabrikmäßige Herstellung der Zahnschwellen möglich. Als Baustoff für die Zahnschwellen kommt bei geschiebefreiem Wasser reiner Beton, bei geschiebeführendem Wasser aber Eisenbeton, Gußeisen oder Gußstahl in Frage.

Während die Wirkung der Zahnschwelle am deutlichsten dort in die Erscheinung tritt, wo infolge der Energieentziehung durch eine Deckwalze eine Umkehrung der normalen Geschwindigkeitsverteilung im Wasserstrom mit zur Sohle hin anwachsenden Abflußgeschwindigkeiten auftritt, haben sich Zahnschwellen aber doch auch bei der normalen Geschwindigkeitsverteilung sowohl im strömenden als auch im schießenden Wasserstrom als wertvolle Hilfsmittel des Wasserbaues zur Minderung der Sohlenauskolkungen erwiesen. Für diese Fälle liegen aber noch keine genügend zuverlässigen Ergebnisse zur Gewinnung eines abschließenden Bildes vor.

Zahnschwellen werden zur Zeit an mehreren Stellen — so bei dem Hundsbachwehr der Raumünzachfassung des Murgwerkes, bei dem Limmatwehr bei Aue in der Nähe des Solbades Baden in der Schweiz und bei einer nordamerikanischen Anlage — geplant.

Die Auffindung der Zahnschwelle und die systematische Überprüfung ihrer Wirkung ließen sich nur durch Modellversuche ermöglichen. Die Zahnschwelle ist daher ein neuer Beleg für den Wert des wasserbaulichen Versuchswesens; denn die durch Zahnschwellen bei Wehranlagen zu ersparenden Kosten übertreffen weit die Anlagekosten aller seither erbauten wasserbaulichen Versuchsanstalten.

[B 989]

Der Einfluß von Salzen und Kaliabwässern auf Metalle.

Unsere schon ziemlich ausgedehnte Kenntnis über den Angriff von Eisen und Legierungen durch Wasser, insbesondere über die Anforderungen an das Kesselspeisewasser von Dampfkesseln, mit denen man sich in letzter Zeit im Zusammenhang mit dem Auftreten von Rißbildungen sehr lebhaft beschäftigt hat[1]), ist neuerdings durch umfangreiche Untersuchungen bereichert worden[2]), die O. Bauer und O. Vogel vom Material-Prüfungsamt unter Mitwirkung von K. Zepf, Merseburg, auf Veranlassung des Reichsgesundheitsamts ausgeführt haben. Der Rahmen der Untersuchungen war anerkennenswert weit gesteckt; haben sich doch die Beobachtungen nicht nur auf das Verhalten von Eisen, Messing und Rotgußplättchen in ruhenden und bewegten Flüssigkeiten bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, sondern auch auf höheren Druck von 16 at erstreckt.

Für Flüssigkeiten verwendete man hierbei neben destilliertem Wasser die Sulfate von Mg und Na, die Chloride von Mg, Na und Ca, verschiedene in destilliertem Wasser gelöste Gemische vorstehend aufgeführter Salze, Kaliendlauge sowie zwei Flußwässer in ungereinigtem und gereinigtem Zustand. Als Dauer der ersten beiden Untersuchungsreihen, die bei Zimmertemperatur (15 bis 18 °C) durchgeführt wurden, hatte man 30 Tage gewählt. Die Beobachtung der drei vorerwähnten Metalle bei ruhenden Flüssigkeiten führte zu dem Ergebnis, daß bei Gegenwart von Magnesiumsalzen das Eisen nicht nur nicht stärker, sondern schwächer rostet als in Natrium- und Kalziumchlorid- oder in Natriumsulfatlösungen, daß also die Magnesiumsalze innerhalb der gewählten Konzentrationen bei gewöhnlichen Temperaturen für Eisen als unschädlich zu betrachten sind.

Auch bei der Versuchsreihe 2 (in bewegten Flüssigkeiten bei Zimmertemperatur) zeigte sich, daß die Magnesiumsalze keinen stärkeren, sondern eher einen etwas geringeren Angriff auf Eisen als die Natriumsalze sowie Salzgemische ausübten.

Der letzte Teil der Arbeit interessiert den Kesselfachmann ganz besonders. Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen auf diesem Gebiet hat man die Angriffsversuche auf dem Ammoniakwerk in Merseburg in Doppelkesseln von 302 mm innerem Durchmesser und 500 mm Länge ausgeführt, von denen der eine zum Vergleich mit destilliertem Wasser, der andere mit synthetisch hergestellten Salzlösungen oder mit natürlichen Laugen bezw. Flußwässern beschickt wurde. Die Dampfräume der beiden Kessel waren durch eine isolierte Leitung miteinander verbunden; trotzdem dürfte es kaum gelungen sein, in beiden Kesseln gleichzeitig gleiche Drücke und gleiche Temperaturen aufrecht zu erhalten, weil Lauge und Destillat hinsichtlich ihrer spezifischen Wärme und spezifischen Gewichte zu verschieden sind. Ob hierbei zu Zeiten höheren Druckes im Laugenkessel aus diesem unreiner Dampf in den Destillatkessel hinübergewandert ist, muß dahingestellt bleiben. Jedenfalls sind Untersuchungen nach dieser Richtung hin nicht vorgenommen worden. Sämtliche Kesselversuche wurden auf eine Zeit von 144 Stunden ausgedehnt, mit Ausnahme von drei Versuchen, bei denen eine Beobachtungszeit von 480 Stunden gewählt wurde.

Unter den Versuchsergebnissen, die sehr anschaulich auch graphisch dargestellt worden sind, und bei denen sich die Unterschiede im Verhalten der Metalle in verschieden konzentrierten Lösungen deutlich erkennen lassen, fällt namentlich auf, daß Eisen in Magnesiumchloridlösungen stark verschieden reagiert, je nachdem es allein oder mit anderen Metallen zusammen eingehängt wurde. Entgegen dem Bericht muß man danach annehmen, daß die geringere Gewichtabnahme der Eisenplättchen bei Vorhandensein von Messing und Rotguß nur durch die gegenseitige Beeinflussung der verschiedenen Metalle erklärt werden kann, und daß es daher vielleicht angebracht gewesen wäre, Stoffe von so verschiedenem Elektropotential nicht gleichzeitig in den Untersuchungskessel einzuhängen. Den Einfluß von Unterschieden in den Eisensorten hat man leider nicht in den Bereich der Untersuchungen einbezogen, obgleich dies die Möglichkeit geboten hätte, die alten Ledeburschen Wahrnehmungen über den Einfluß von Kohlenstoff, Silizium, Phosphor und Mangan auf die Widerstandsfähigkeit nachzuprüfen. Da ferner die Versuche nur bei einer einzigen Dampftemperatur durchgeführt wurden, geben sie keinen Aufschluß darüber, wie sich die Kesselbaustoffe (vor allem aber die verschiedenen Eisensorten) bei hohen und höchsten Dampftemperaturen sowie Drücken gegenüber Salzlösungen verhalten, was gerade in letzter Zeit Anregung gegeben hat, neue Versuche anzustellen. Von früheren Arbeiten auf dem gleichen Gebiete hätten zum mindesten diejenigen von Ost[3]) eine Berücksichtigung verdient; denn sie zeigen, daß der Einfluß von Magnesiumchlorid auf Eisen durch die Anwesenheit von Kalziumkarbonat wesentlich geändert wird.

Schließlich möge auch darauf hingewiesen werden, daß es insonderheit für den Betriebsmann wertvoll gewesen wäre, wenn die Arbeiten mehr, als es in Wirklichkeit geschehen ist, auf natürliche Speisewässer und nicht fast ausschließlich auf synthetische Lösungen ausgedehnt worden wären. In den beiden Fällen, wo Saale- und Luppe-Wasser verwendet wurde, enthalten die Analysen der Speisewässer leider keine Angaben über den Gehalt an Kalium und Natrium, so daß man den Magnesiumchloridgehalt nicht berechnen, somit keinen Vergleich mit den künstlichen Lösungen ziehen kann. [N 1050] Ri.

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1279.

[2]) Sonderheft 1 der Mitt. aus dem Material-Prüfungsamt zu Berlin-Dahlem, Berlin 1925, Julius Springer.

[3]) Chemiker-Zeitung Bd. 26 (1902) S. 820, 845.

Fahrtergebnisse der dieselelektrischen Lokomotive in Rußland.

Von Professor G. Lomonossoff.

Aus dem Russischen übersetzt von Dr.-Ing. E. Mrongovius.

Brennstoffersparnis — Stillsetzen des Motors im Gefäll über 6 vT nicht möglich — 15 bis 20 km/h Geschwindigkeit in langen Steigungen — Erwärmung der Elektromotoren bei niedrigen Geschwindigkeiten — Anpaßfähigkeit der Regelung, geringe Einwirkungen auf das Gleis und weitere Vorteile.

Allgemeine Erfahrungen.

Zum 1. Juni 1925 hatte die dieselelektrische Lokomotive[1]) 21 015 km zurückgelegt, davon 3300 km auf dem Prüfstand in Eßlingen, 1033 km auf der Strecke in Lettland und 16 682 km auf der Strecke in Rußland. Es haben sich dabei bereits gewisse Eigenschaften gezeigt, auf die etwas näher eingegangen werden soll.

Zunächst sei daran erinnert, daß die Diesellokomotive gleichwertig der russischen Dampflokomotive, Reihe E, entworfen worden ist; d. h. bei einer Geschwindigkeit von 16 km/h sollte die Zugkraft am Radumfange 15 000 kg betragen, während sich die höchste Geschwindigkeit auf 50 km/h belaufen sollte. Es ist deshalb natürlich, daß man auch die Ergebnisse der Fahrten mit der Diesellokomotive mit denen der Dampflokomotive, Reihe E, vergleichen wird, zumal etwa 2000 von dieser in Rußland im Betriebe sind.

Ferner sei daran erinnert, daß der Gedanke der Thermolokomotiven aus dem Wunsch entstand, erstens, den Brennstoffverbrauch zu verringern, und zweitens, den Kessel zu entfernen und dadurch den Wasserverbrauch gänzlich zu beseitigen. Für Bahnen, die durch wasserlose Strecken führen, ist der letztgenannte Umstand von entscheidender Bedeutung. Diese beiden Bedingungen hat die dieselelektrische Lokomotive erfüllt; denn man kann auf Grund der in Rußland zurückgelegten Fahrstrecke von 16 682 km sagen, daß sie 22,5 vH des Brennstoffes verbraucht, den die E-Dampflokomotiven nötig haben, während der Wasserverbrauch (zur Auffüllung des Kühlers) lediglich etwa einen halben Eimer auf je 100 km beträgt. Es muß hier bemerkt werden, daß bei den Versuchen in Eßlingen die Diesellokomotive nur 30 vH des Brennstoffes verbrauchte, der für die E-Dampflokomotive nötig war. Dieser Umstand war bedingt erstens durch den sehr guten Zustand der E-Dampflokomotive Nr. 5570, mit der der Vergleich durchgeführt wurde, und zweitens dadurch, daß dieser Vergleich sich nur auf den Bewegungszustand der beiden Lokomotiven bezog. Nun verbrauchen aber Dampflokomotiven, insbesondere im Winter, beträchtliche Brennstoffmengen zum Dampfhalten, während auf der Diesellokomotive bei einem Stillstand von mehr als 5 Minuten der Dieselmotor stillgesetzt wird.

Man müßte den Dieselmotor auch in Gefällen stillsetzen. Leider können wir das bei der ersten dieselelektrischen Lokomotive mit selbsttätigen Bremsen nur in Gefällen von 6 vT und weniger machen, weil die Druckluft für die Bremsen bei unserer Diesellokomotive der zweiten Stufe des Verdichters des Dieselmotors entnommen wird. In langen Gefällen von 5 vT gelang es uns, die Geschwindigkeit der Diesellokomotive durch Handbremsen zu regeln und die Druckluft für plötzliche Gefälle aufzusparen. Aber bereits bei Gefällen von 7 vT und einem Zuggewicht von 1000 bis 1350 t erwies sich die Geschwindigkeitsregelung ohne Hinzuziehung der Wagenbremsen als unmöglich. Infolgedessen fiel bei stillgesetztem Dieselmotor der Druck im Hauptluftdruckbehälter und in der Hauptdruckluftleitung so rasch, daß das Abbremsen häufig nicht gelang.

Alle Hilfseinrichtungen, wie Lüfter des Kühlers, Bremse, Sandstreuer, Signalpfeife, werden vom Dieselmotor betätigt, der in Gefällen wegen der Bremsen nicht stillgesetzt werden kann. Nach schwierigen Steigungen, wenn es erforderlich ist, die Wassertemperatur im Kühler herabzusenken, können wir wegen der Lüfter ebenfalls den Dieselmotor nicht stillsetzen. Im Winter wird bei dieser Anordnung 4- bis 5mal mehr Leistung auf die Lüfter verwendet, als für die Erhaltung der erforderlichen Wassertemperatur im Kühler nötig wäre, und der Kühler muß infolgedessen mit einem Wärmemantel bedeckt werden. Diesen Mangel bei der ersten dieselelektrischen Lokomotive zu beseitigen, ohne sie gänzlich umzubauen, ist unmöglich. Auf den weiteren Diesellokomotiven aber werden wir zum Antrieb aller Hilfseinrichtungen einen besonderen 6-Zyl.-Dieselmotor mit hoher Umlaufzahl aufstellen (bis 1500 Uml./min). Dadurch wird die Brennstoffersparnis noch erhöht. Außerdem wird auch die Abnutzung des Hauptdieselmotors verringert, weil er dann auf allen längeren Gefällen stillgesetzt werden kann.

Trotz alledem verbraucht die dieselelektrische Lokomotive auf Strecken mit Gefällen weniger Brennstoff als die Dampflokomotiven, insbesondere die E-Dampflokomotive. Dies kommt daher, weil der Widerstand der Dampflokomotiven beim Fahren ohne Dampf bedeutend größer ist als der Widerstand der Wagen. Der Widerstand der Diesellokomotive dagegen ohne Strom ist geringer als der Widerstand der Wagen. Infolgedessen muß man bei Dampfbetrieb in Gefällen von 1 bis 2 vT unter Dampf fahren, während die Diesellokomotive ohne Strom fahren kann.

Somit sind zwei Hauptbedingungen beim Bau unserer Diesellokomotive, das Fehlen des Wasserverbrauchs und eine beträchtliche Ersparnis im Brennstoffverbrauch, vollkommen erfüllt. Bei Fahren mit Güterzügen zeigte die Diesellokomotive noch andere Eigenschaften, über die einige Worte zu sagen sind. Vor allem stellte es sich heraus, daß bei normaler Arbeit des Dieselmotors die Geschwindigkeiten in Steigungen mit der Diesellokomotive etwas höher waren als mit Dampflokomotiven, und zwar ergaben die E-Dampflokomotiven bei Naphthafeuerung in den Grenzsteigungen Geschwindigkeiten von 12 bis 15 km/h, die Diesellokomotive bei gleichen Zugstärken jedoch 15 bis 20 km/h. Auf Strecken mit abwechselnden Steigungen und Gefällen von geringer Länge dagegen waren die mittleren Geschwindigkeiten bei Dampflokomotiven etwas höher als bei der Diesellokomotive. Dieses Ergebnis geht hervor erstens aus der Beschränkung der Zugkraft bei der Diesellokomotive durch die Erregung der Dynamo, und zweitens aus der Möglichkeit, bei Dampflokomotiven Anleihen beim Kessel zu machen, die durch eine vorübergehende Senkung des Wasserspiegels im Kessel erkauft werden. Da nun aber gerade die langen ununterbrochenen Steigungen die Ursache von geringen mittleren Geschwindigkeiten sind, so ergibt die höhere Geschwindigkeit der Diesellokomotive sehr günstige Ergebnisse. Infolge der höheren Geschwindigkeiten in den Grenzsteigungen können wir beim Diesellokomotivbetrieb mehr Zugpaare einlegen als beim Dampflokomotivbetrieb. Es ist daher leicht möglich, daß beim Anwachsen des Verkehrs auf unseren Bahnen, wie es bereits begonnen hat, der Übergang zum Diesellokomotivbetrieb manchen Strecken die Anlage eines zweiten Gleises ersparen wird.

Die Erwärmung der Elektromotoren.

Bei der Diesellokomotive mit elektrischer Übertragung ist eine hohe Geschwindigkeit in den Steigungen, insbesondere im Sommer, nicht nur ein Vorteil, sondern auch eine notwendige Bedingung bei richtiger Organisation. Bei Dampflokomotiven haben wir nur zwei Beschränkungsarten der Zugkraft: durch das Reibungsgewicht und durch die Kraftquelle, d. h. Kessel und Zylinder. Bei Diesellokomotiven mit Druckluftübertragung und mit Zahnradgetrieben kommt hierzu noch die Zugkraftbeschränkung durch die Temperatur des Kühlers. Bei Diesellokomotiven mit

[1]) s. Bd. 68 (1924) S. 940, Bd. 69 (1925) S. 1321; s. a. „Eisenbahnwesen“, Sonderheft der VDI-Zeitschrift und Lomonossoff, „Die Dieselelektrische Lokomotive“, VDI-Verlag, Berlin.

elektrischer Übertragung dagegen kommt außerdem noch die Beschränkung durch die Erwärmung der Elektromotoren hinzu. Wie die Erfahrung zeigte, sind die beiden Temperaturbeschränkungen im Winter bei einer Außenlufttemperatur von weniger als + 5 ° C praktisch ohne Bedeutung, wohl dagegen im Sommer bei einer Außenlufttemperatur von + 30 °C und mehr.

Die zwangläufige Lüftung der Elektromotoren mittels Hilfsmotoren ist etwas empfindlich, also für Eisenbahnbetrieb, insbesondere in Rußland, nicht empfehlenswert. Infolgedessen beschränkten wir uns bei der dieselelektrischen Lokomotive auf die natürliche Lüftung der Elektromotoren mit Hilfe der am Motor selbst angebrachten Lüftflügel. Hierbei ist die stündlich zugeführte kühlende Luftmenge verhältnisgleich dem Quadrat der Zuggeschwindigkeit. Anderseits ist die Anzahl der im Motor in der Stunde entstehenden Wärmeeinheiten verhältnisgleich der Stromstärke, oder, was dasselbe ist, der Zugkraft. Gleichzeitig stehen die Zugkraft und die Geschwindigkeit in einer festen Abhängigkeit infolge der Leistung des Dieselmotors und der Beschränkung durch die Erregung des Stromerzeugers. Mit andern Worten, jeder Geschwindigkeit entspricht eine bestimmte Zugkraft. Bei manchen von diesen Werten ist die den Motoren zugeführte Luftmenge ausreichend, um die entstehende Wärme abzuführen. Nach dem Entwurf erweisen sich als solche Grenzwerte für die Zugkraft und die Geschwindigkeit 8400 kg bei 31 km/h. Bei geringeren Geschwindigkeiten und entsprechend höheren Zugkräften müssen sich die Motoren über das normale Maß hinaus erwärmen, bei höheren Geschwindigkeiten und entsprechend geringeren Zugkräften mehr abkühlen.

Hierbei muß beachtet werden, daß die erste dieselelektrische Lokomotive infolge der Beschränkung durch die Erregung bei hohen Geschwindigkeiten eine mit der Geschwindigkeit rasch fallende Zugkraft hat. Anderseits wächst die kühlende Wirkung der Luft mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Infolgedessen kühlen sich die Motoren bei Überschreitung der Geschwindigkeit von 30 km/h sehr rasch ab, was durch die Erfahrung bestätigt wurde. Bei Geschwindigkeiten dagegen von etwa 10 km/h, sogar bei nicht voller Belastung, wurde eine recht rasche Erwärmung der Motoren festgestellt. Nach überschlägigen Berechnungen kann man bei einer Außenlufttemperatur von 50 °C und einer Grenztemperatur der Motoren von 100 °C und 15 000 kg Zugkraft sowie 16 km/h Geschwindigkeit nur 100 Minuten fahren, d. h. etwa 27 km. In Wirklichkeit muß diese Strecke noch etwas abgekürzt werden, da die Maschen des Drahtnetzes, durch die die Luft zu den Motoren eintritt, durch Blätter, Papierstückchen usw., im Kaukasus auch durch Sandklümpchen mit Naphtha, rasch verstopft werden. So wurde durch eine Messung am 23. Mai nach der Fahrt von Balandschar (Baku) bis Petrowsk (365 km) festgestellt, daß bei dem ersten Motor in Fahrtrichtung die wirksame Durchgangfläche des Drahtnetzes um 10 vH, bei dem hinteren Motor um 80 vH verringert worden war.

Trotzdem kann man mit Sicherheit sagen, daß sogar bei verschmutzten Drahtnetzen in der heißesten Zeit unsere Diesellokomotive ohne jegliche Gefahr für die Motoren Steigungen bis zu 20 km Länge bewältigen kann, solange die Fahrgeschwindigkeit nicht unter 16 km/h fällt. Das wurde durch die Fahrt vom 27. Mai auf der Steigung Skosirskaja-Serditaja (Donezgebiet), 22 km lang, bestätigt. Die Geschwindigkeit in dieser Steigung betrug ständig etwa 16 km/h (Steigung 8 bis 9 vT einschließlich der Krümmungen, Zuggewicht ohne Diesellokomotive und Tender 1290 t). Obschon die Außenlufttemperatur 24 °C betrug, fuhren wir in der Steigung mit einer Motortemperatur von 45 °C, die am Ende der Steigung nur bis 76 °C anwuchs.

Bei 20 km/h Geschwindigkeit kann man ohne weiteres Steigungen bis 30 km Länge bewältigen. Für das europäische Rußland reicht dies vollkommen aus; im Kaukasus gibt es jedoch ununterbrochene Steigungen von 60 km Länge (Semaschkinskaja-Beslan) und sogar 85 km (Sanain-Dschadschurski). Unter diesen Verhältnissen hat die Getriebe-Diesellokomotive mit elektromagnetischen Kupplungen unbedingt wichtige Vorzüge. Bei Diesellokomotiven mit elektrischer Übertragung muß man für solche Steigungen entweder mit Hilfe von Vorspann eine Geschwindigkeit von 25 bis 30 km/h aufrecht erhalten, oder die Zuggewichte herabsetzen. Ein gutes Beispiel der zweiten Lösung ist die Fahrt vom 28. März d. J. mit einem Zuggewicht von 1233 t auf der Steigung Semaschkinskaja-Nasran. Bei einer Außenlufttemperatur von + 4 °C, einer Geschwindigkeit von 16 km/h und einer Zugkraft von 11 000 kg (anstatt 15 000) erreichte die Motortemperatur am Ende der Steigung von 60 km Länge, die ohne Aufenthalt durchfahren wurde, die Höhe von 62 °C. Es ist bemerkenswert, daß für die E-Dampflokomotiven auf dieser Steigung von 7,4 vT infolge ihrer Länge ein Zuggewicht nicht von 1500 t, sondern von nur 1000 t festgelegt ist.

Nicht weniger bemerkenswert ist in dieser Hinsicht die Fahrt vom 19. Mai auf der Dschardschurski-Strecke (1840 m über dem Meeresspiegel zwischen Tiflis und Eriwan). Die Länge dieser Steigung an der Nordseite beträgt 85 km bei 12 bis 15 vT; in der Mitte der Steigung liegt eine Strecke von 14 km mit 30 vT Steigung. Hier arbeiten die Dampflokomotiven meist mit Vorspann, wobei die mittlere Geschwindigkeit in der Gesamtsteigung 12 bis 15 km/h beträgt und die Steigung in etwa 6 Stunden durchfahren wird. Diesem waren unsere Motoren natürlich nicht gewachsen. Infolgedessen nahmen wir ein Zuggewicht von 315 t, das sich aus der Steigung von 30 vT bei 16 km/h ergab, und erzielten in den Steigungen von 12 bis 15 vT Geschwindigkeiten von 25 bis 32 km/h. Die Temperatur der Motoren betrug zum Schluß nicht mehr als 56 °C.

Bei geringen Geschwindigkeiten dagegen geht die Erwärmung der Motoren recht rasch vor sich; als infolge Schleuderns die Geschwindigkeit auf 8 bis 10 km/h sank, stieg die Temperatur der Motoren um 2 bis 3 °/min.

Die Temperatur im Kühler ist in noch höherem Maße von der Außenlufttemperatur abhängig. Im Winter, solange die Außenlufttemperatur unter dem Gefrierpunkt lag, genügte unser kleiner Kühler auf der Lokomotive[1]) vollkommen. Man war sogar gezwungen, einen Teil des Kühlers auszuschalten, damit die Wassertemperatur nicht unter 40 °C sank. Auf der Steigung Semaschkinskaja-Nasran am 28. März d. J. bei einer Außenlufttemperatur von + 4 °C hatten wir das erstemal mit der Beschränkung der Arbeit der Lokomotive durch den Kühler zu tun: etwa in der Mitte dieser Steigung (die Steigung ist 60 km lang) erreichte die Wassertemperatur bei Eintritt in den Kühler 83 °C und blieb auf dieser Höhe stehen. Diese Fahrt wurde ohne Kühltender zu Ende geführt[2]). Die zweite Fahrt nach dem Kaukasus unternahmen wir jedoch mit dem Kühltender. Solange die Temperatur der Außenluft weniger als + 30 ° C betrug, benutzten wir den Kühltender nur in langen Steigungen. Als aber am 22. Mai d. J. bei Baku die Temperatur in der Sonne bis + 52 °C stieg, mußten die Lüfter des Kühltenders ununterbrochen arbeiten, und dennoch sank die Wassertemperatur am Ende der Adschi-Kabul-Steigung (10 vT bei 12 km Länge) nicht unter 63 °C. In der Regel konnten wir aber bei Verwendung des Kühltenders die Wassertemperatur auf 50 bis 65 °C halten.

Es hat sich übrigens herausgestellt, daß der Kühler häufiger ausgewaschen werden muß, als vorher angenommen wurde, und zwar deshalb, weil infolge der Undichtheit der Teleskopröhren, die die Kolbenkühlung bewirken, zu viel Öl in den Kühler gelangt.

Weitere Vorteile der Diesellokomotive und ihre gute Wirtschaftlichkeit.

Von den weiteren Eigenschaften der Diesellokomotive ist hervorzuheben die außerordentliche Anpaßfähigkeit der Regelung und die bedeutend günstigere Einwirkung auf das Gleis im Vergleich mit den Dampflokomotiven. In dieser Hinsicht unterscheidet sich die Diesellokomotive mit elektrischer Übertragung durch nichts von einer elektrischen Lokomotive, die ihre Energie von einer fremden Stromquelle zugeführt bekommt.

Ferner konnten wir auf Grund unserer Versuchsfahrten feststellen, daß zwischen zwei Besichtigungen der Lokomotive 700 bis 900 km gefahren werden können. Dieser Umstand verändert vollständig unsere Begriffe über den Um-

[1]) Lomonossoff, „Die Dieselelektrische Lokomotive", S. 89.
[2]) ebenda, S. 179

lauf und die Einteilung der Lokomotiven. Würde man z. B. die Tschardschui-Bahn für Diesellokomotivbetrieb entwerfen, so brauchte man nur zwei Hauptlokomotiv-Standorte zu haben, in Saratow und Chiwa, und zwei untergeordnete Standorte in Emba und in Tschardschui.

Für die Bewältigung solcher Strecken muß die Lokomotive unbedingt von drei Lokomotivmannschaften bedient werden: eine Mannschaft fährt auf der Lokomotive, die zweite fährt im Mannschaftswagen und die dritte ist im Hauptstandort in Ruhe. Hieraus ergibt sich für je 24 Stunden eine Fahrstrecke von 200 bis 300 km und im Jahre bei zwei Monaten Ausbesserungsdauer eine solche von 60 000 bis 90 000 km, d. h. 2- bis 3 mal mehr als in der Regel zurzeit bei Dampflokomotiven. Ist der Preis der Diesellokomotive etwa doppelt so hoch wie der einer Dampflokomotive, so kann die Tilgung je zurückgelegtes Kilometer sogar weniger ausmachen als bei Dampflokomotiven.

Die Unterhaltung der Bedienungsmannschaften ist bei elektrischer Übertragung um etwa 50 vH teurer als bei Dampflokomotiven; denn die Bedienungsmannschaft für eine Diesellokomotive muß aus drei Köpfen bestehen. Bei der Diesellokomotive mit Zahnradgetriebe und Magnetkupplungen kann man mit zwei Leuten auskommen und der Unterschied zwischen dem Dampfbetrieb wird infolgedessen nur etwa 20 vH betragen. Die Schmierkosten sind bei der Diesellokomotive 4- bis 5mal höher als bei Dampflokomotiven, dafür verbraucht aber die Diesellokomotive überhaupt kein Wasser, während der Brennstoffverbrauch ¼ bis ⅕ des Verbrauches von Dampflokomotiven beträgt. Es darf nicht außer acht gelassen werden, daß die Feuerung der Dampflokomotiven etwa 15 vH der Ausgaben für die Eisenbahn beträgt und die Schmierung 0,3 vH, d. h. den fünfzigsten Teil davon.

Beschränkt man sich daher bei der Beurteilung auf die erwähnten Posten, so ist der Übergang zum Diesellokomotivbetrieb für alle Fälle zweifellos vorteilhaft. Es gibt jedoch noch eine unbekannte Größe, das sind die Ausbesserkosten. Es hat sich aber bisher herausgestellt, daß die erforderliche Ausbesserung der Diesellokomotive bedeutend weniger kostet als bei einer Dampflokomotive. Praktisch fehlen diese Ausbesserkosten ganz. Dies erklärt sich durch das Wesen der Diesellokomotive; eine Dampflokomotive kann in den verschiedensten Zuständen arbeiten, während eine Diesellokomotive nur in vollkommen einwandfreiem Zustand arbeiten kann. Die Aufgabe der laufenden Ausbesserungen bei Dampflokomotiven ist die Beseitigung kleiner Mängel, während bei der Diesellokomotive die Hauptaufgabe die Verhütung der kleinen Mängel ist. Es ist natürlich, daß die letztere Aufgabe nur von der Bedienungsmannschaft erfüllt werden kann. Somit fallen, dem Wesen der Diesellokomotive entsprechend, die Ausgaben für die laufenden Ausbesserungen ausschließlich auf die Unterhaltung der Mannschaft.

Man kann daher sagen, daß die Ausgaben für Tilgung, auf das Kilometer umgerechnet, für die Mannschaft und die laufenden Ausbesserungen bei Dampflokomotiven und Diesellokomotiven mehr oder weniger gleich sind. Die Erhöhung der Schmierkosten wird dadurch wettgemacht, daß die Diesellokomotiven kein Wasser verbrauchen und nicht ausgewaschen zu werden brauchen. Infolgedessen kann man bei vorläufigem Vergleich von Dampflokomotiv- und Diesellokomotivbetrieb (genauere Zahlen für solche Vergleiche fehlen noch) die beiden folgenden Ausgabeposten berücksichtigen: Brennstoffverbrauch und Ausbesserungen, die eine Außerdienststellung der Lokomotiven erfordern.

Der mittlere Brennstoffverbrauch der E-Dampflokomotiven beträgt 16,3 kg/km, der der Diesellokomotive 3,5 kg/km. Bei einem Naphthapreis von 6,75 ₰/kg ergibt das für Dampflokomotiven 1,10 ℳ und für Diesellokomotiven 0,237 ℳ, d. h. 86,3 ₰/km Ersparnis. Die Ausbesserung der E-Dampflokomotive, außer der laufenden Ausbesserung, beträgt etwa 12,9 ₰/km. Somit müßte die Ausbesserung der Diesellokomotive, um den Ertrag der Brennstoffersparnis zu schlucken, 99 ₰/km betragen, d. h. die Ausbesserungen der Diesellokomotiven müßten etwa 7½ mal soviel kosten wie die der Dampflokomotiven.

Zur Zeit kann man noch nicht sagen, was die Gesamtausbesserung der Diesellokomotiven kosten wird und auch, wie oft sie durchgeführt werden muß. Die mittlere Ausbesserung besteht bei Diesellokomotiven mit elektrischer Übertragung aus dem Abdrehen der Räder, dem Untersuchen der Elektromotoren und dem Herausnehmen der Kolben des Dieselmotors, und es ist bereits klar, daß diese Arbeiten nicht teurer sein werden als die entsprechenden Arbeiten bei Dampflokomotiven. Dies ist bedingt vor allen Dingen dadurch, daß bei der Diesellokomotive die Kesselarbeiten fehlen, die bei schlechtem Wasser etwa 60 vH und mehr der mittleren Ausbesserkosten betragen, und zweitens dadurch, daß infolge Fehlens von überschüssigen Gegengewichten die Radreifen der dieselelektrischen Lokomotiven nur abgenutzt werden, aber keine Vertiefungen aufweisen. In dieser Hinsicht unterscheiden sich die Diesellokomotiven durch nichts von den elektrischen Lokomotiven. Die Erfahrungen mit den elektrischen Lokomotiven in Deutschland und der Schweiz haben gezeigt, daß bei ihnen ein Abdrehen der Radreifen nur nach etwa 50 000 km Fahrweg stattzufinden braucht, d. h. zweimal seltener als bei Dampflokomotiven. Zu den gleichen Fristen kann auch die Untersuchung der Motoren stattfinden. Somit braucht man bei Diesellokomotiven die Ausbesserung im Mittel etwa zweimal seltener als bei Dampflokomotiven vorzunehmen. Wenn auch diese Ausbesserung doppelt so teuer wäre wie bei Dampflokomotiven, was indessen infolge Fehlens der Kesselarbeiten kaum wahrscheinlich ist, so erhielte man auf das Kilometer etwa dieselben Ausbesserkosten wie bei Dampflokomotiven.

Berücksichtigt man ferner, daß die Kosten der mittleren Ausbesserung je Kilometer bei Dampflokomotiven gleich den Kosten der Gesamtausbesserung sind, was ziemlich richtig ist, so müßten die Kosten der Gesamtausbesserung der Diesellokomotiven 15mal so teuer sein wie die der Dampflokomotiven, wenn die Brennstoffersparnis ausgeglichen werden soll. Das ist aber kaum anzunehmen.

Ich habe absichtlich vermieden, in diesem Aufsatz irgendwelche Zahlen über die Ersparnis zu nennen, die durch den Diesellokomotivbetrieb erzielt werden kann. Zur Feststellung solcher Zahlen fehlen uns noch die Erfahrungen. Es sind hierzu noch recht viele Versuchsfahrten nötig. Man kann jedoch auf Grund der verhältnismäßig kurzen Versuchsfahrten, die wir bereits gemacht haben, sagen, daß man der Diesellokomotive mit elektrischer Übertragung immer große Beachtung wird schenken müssen. Trotz ihres hohen Preises ergibt die dieselelektrische Lokomotive so gute wirtschaftliche Aussichten, daß man nicht die Versuche mit ihr als zwecklos abbrechen darf, sondern sie im Gegenteil in größerem Maßstabe fortsetzen muß.

Die Tatsache, daß während unsrer letzten Fahrt nach dem Kaukasus zwei Fälle von Beschädigungen der Anker der Elektromotoren vorkamen (an einem Anker lockerten sich die Bänder, am andern entstand ein Kurzschluß), berührt nicht das Wesen unsrer Schlußfolgerung. Solche Vorfälle sind bei jeder neuen Sache unvermeidlich und weisen nur auf die Notwendigkeit hin, gewisse bauliche Änderungen an unsern Motoren vorzunehmen und gewisse Forderungen an die Herstellung der Motoren zu stellen. [B 682]

RUNDSCHAU.

Werkstoffbearbeitung

Neuzeitliche Autogen-Schneidmaschine.

Abweichend von den bisher bekannten Maschinen zum autogenen Schneiden von Metallen ist nach vollständig neuen Gesichtspunkten die Godfrey-Sauerstoff-Schneidmaschine[1]) ausgebildet worden. Das der Maschine zugrundegelegte Verfahren besteht darin, dem Brenner oder dem Arbeitstück die für die Schnittrichtung notwendige Bewegung zu geben, ohne den Brenner selbst durch einen Antriebmechanismus zu belasten, sondern diesen vollständig für sich zu entwickeln und ihn kraftschlüssig während der Schnittdurchführung mit dem Brenner zu verbinden. Hierdurch war es möglich, den Bewegungsmechanismus für alle Arten der Bewegung so zu konstruieren, daß für die Bewegung nur ein ganz geringer Kraftaufwand (Motor von 0,25 PS) notwendig ist.

Abb. 1 und 2 zeigen schematisch den Antrieb, der auf das portalartig ausgebildete Hauptgestell der Maschine aufgebaut ist, wodurch jede Erschütterung von dem eigentlichen Bewegungsmechanismus ferngehalten wird. Der Bewegungsmechanismus, Abb. 3, besteht aus einer Querführung, die am oberen Verbindungssteg des Maschinengestelles drehbar aufgehängt ist und an der das Gleitstück für die Längsbahn durch eine Schraubenspindel bewegt wird. In gleicher Weise wird an dieser ein Wagen verschoben, der eine durch Schneckenrad betätigte Kreisführung hat. In dieser ist ein mit Einstellteilung versehener Schieber gleitend angeordnet, der an einem Ende eine zylindrische Aufnahmeöffnung zur Mitnahme des Führungsstiftes des Brennerarmes hat. Quer- und Längsschlitten sind in schmaler Rippenkonstruktion ausgebildet, auf der die beweglichen Teile in nachstellbaren Rollenführungen laufen. Durch Einbau von Kugellagern an den sich drehenden Wellen ist der Bewegungswiderstand gering. Für den Antrieb der Vorschubspindeln und der Schneckenwelle für die Drehbewegung sind deren Enden mit Kuppelstellen zum Anschluß der biegsamen Wellen versehen, wobei die jeweils gebrauchte Welle durch Überwurfmutter angekuppelt wird. Zwischen Kupplung und Vorschubspindeln sind Wendegetriebe eingebaut, so daß der Selbstgang nach beiden Seiten eingerückt werden kann.

Der Brenner ist von ganz neuer Bauart, bei der das Hauptgewicht auf die Durchmischung der Heizgase durch eigenartige Anordnung der Zuführkanäle gelegt ist. Für die Zuführung sind drei Anschlüsse vorhanden, von denen der untere für das Azetylen- oder Wasserstoffgas, der mittlere für den Heizsauerstoff und der obere für den Schneidsauerstoff bestimmt sind.

[1]) Die Maschine wird nach Patenten von Alfred Godfrey von der Continentalen A.-G. für Sauerstoffmaschinen in München gebaut.

Abb. 3. Gesamtansicht der Godfrey-Sauerstoff-Schneidmaschine.

Durch besondere Ventile können die Gase geregelt werden; die Heizflamme wird durch eine elektrische Abreißzündung entzündet; nach Beendigung des Schnittes werden die drei Zuführkanäle durch einen Hebel gleichzeitig geschlossen. Durch die Anwendung der Zündvorrichtung und der gemeinsamen Ausrückung wird ein unnötig langes Leerbrennen und zweckloses Ausströmenlassen von Sauerstoff und Heizgas vermieden, und es strömt nur so viel Heiz- und Schneidgas aus, als zur Arbeit notwendig ist.

Der Brenner ist an dem linken Ständer der Maschine an einem zweigliedrigen, aus Aluminiumguß hergestellten Gelenkarm drehbar aufgehängt, Abb. 3. Durch besonders große Höhe der Arme wird ein Klemmen der Gelenkbolzen vermieden, so daß die Brennerführung leicht bewegt werden kann und eine stets parallele Lage für den ganzen Arbeitsbetrieb gesichert ist. Der Brenner wird von dem Gelenkarm durch eine lange zylindrische Führung gedreht, um die der Brenner schwingen kann, so daß der hintere Teil des Brenners frei beweglich ist und in allen Lagen des Schwenkarmes gleichgerichtet bleibt; auch die gaszuführenden Schläuche bleiben deshalb immer in gleicher Lage. Das Verbindungsstück zwischen Brenner und Schwenkarm ist mit einer Schrägstelleinrichtung versehen; infolgedessen kann der Brenner aus seiner senkrechten Lage in Winkeln bis zu 45° geschwenkt werden, so daß auch Schrägschnitte ausgeführt werden. In der Axialverlängerung der Brenneraufhängung ist oben ein Federbolzen vorhanden, durch den die Kupplung mit dem Bewegungsmechanismus hergestellt wird, wodurch beim Auf- und Abbringen der Arbeitsstücke ein vollständiges Ausschwenken des Brenners aus dem Arbeitsbereich der Maschine zur Vermeidung von Beschädigungen möglich ist und der ganze Betriebsmechanismus für sich so stark ausgeführt werden kann, daß Erschütterungen vermieden werden, ohne daß hierdurch die leichte Beweglichkeit des Brenners eingeschränkt wird.

Zum Auflagern der Arbeitstücke bis zu einem Gewicht von 8 t ist ein mit der Maschine verbundener, vor ihm stehender, leicht von Hand schwenkbarer Tisch mit drehbarer und senkrecht einstellbarer Tischplatte aufgestellt. Für den Selbstgang der Drehbewegung des Tisches für größere Kreisschnitte kann die Antriebspindel hierzu mit einer der drehbaren Wellen in gleicher Weise für den Oberantrieb gekuppelt werden.

Von der Maschine werden Schnittgeschwindigkeiten erreicht, die bisher beim autogenen Schneiden unbekannt waren. Durch die Entlastung der Brennerführung von jedem Antriebsmechanismus wird ein ruhiger erschütterungsfreier und gleichmäßiger Vorschub erreicht, durch den die Schnittfläche eine so saubere Oberfläche aufweist, daß sie in vielen Fällen überhaupt keine Nacharbeit erfordert. Durch die angegebenen Schaltungen in Längs-, Quer- und Kreisrichtung ist das Arbeitsgebiet der Maschine aber nicht erschöpft. Kreis-, Kurven- und Zickzackschnitte können ausgeführt und geschlossene geradlinig begrenzte Formen

Abb. 1 und 2. Schema des Antriebes.

a Elektromotor
b Zwischenvorgelege
c Hauptwelle, 90 Uml./min
d Reibscheiben
e ausziehbare Welle
f senkrechte Welle
g Kegel-Reibscheibengetriebe
h dreifache Schnurscheibe
i Anschlüsse für die biegsamen Wellen; die Umlaufzahlen sind durch die Verschiebung der Reibrollen und durch das Umlegen des Schnurriemens in den weitesten Grenzen regelbar.

ohne Unterbrechung des Schnittes in einem fortlaufenden Arbeitsgang hergestellt werden.

Für die bisher durchgeführten Versuche an 19,26 und 40 mm dicken Kesselblechen liegen die Ergebnisse der Untersuchungen des Materialprüfungsamtes Berlin-Dahlem vor, die gezeigt haben, daß an der Schnittstelle eine Beeinflussung des Stoffes, eine für die meisten praktischen Zwecke völlig unerhebliche schwache Entkohlung, eingetreten war, deren Tiefe in keinem Fall mehr als 0,1 mm betrug. Kennzeichen von Überhitzung oder einer sonstigen Verschlechterung unmittelbar an den Schnittkanten waren nicht vorhanden. Das Materialprüfungsamt stellte weiterhin fest, daß für viele technische Zwecke eine weitere Behandlung der Schnittkanten (abhobeln) sich erübrigen dürfte. („Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 149.) [M 452] Gw.

Eisenhüttenwesen.

Die Entwicklung elektrischer Walzwerkantriebe.

F. Rohde[1]) schildert die Entwicklung der elektrischen Walzwerkantriebe seit ihrer Einführung um den Beginn des 20. Jahrhunderts bis zu den neuesten Ausführungen. Da in dieser Zeitschrift bis 1913 regelmäßig die Fortschritte auf diesem Gebiete[2]) besprochen sind, soll hier, in Anlehnung an Rohde, nur über die Neuerungen von 1913 ab berichtet werden. Es gibt weder eine Statistik über die Zahl der bisher aufgestellten und in Betrieb stehenden Walzwerkmotoren, noch eine Übersicht über ihre Entwicklung. Deshalb sind die Schaulinien, Abb. 4, für die Gesamtzahl und Gesamtleistungen der den Siemens-Schuckert-Werken seit 1909/1910 in Auftrag gegebenen elektrischen Antriebe von Walzenstraßen mangels anderer Unterlagen bemerkenswert. Im Jahre 1910 sind 297 Umkehr- und Durchlaufmotoren mit insgesamt 257 500 kW zu verzeichnen. Die Werte für das Jahr 1914 betragen 525 Motoren mit rd. 600 000 kW. Im Weltkrieg ist der Anstieg auf 570 Motoren mit 625 000 kW nur sehr gering. Seit 1918/1919 verbreitet sich die Erkenntnis der großen Wirtschaftlichkeit des elektrischen Antriebes immer mehr, und bis August 1924 laufen 820 Motoren mit 1 200 000 kW. Das heißt, im letzten Jahrfünft hat sich allein bei den SSW die Leistung der gelieferten Motoren gegen die gesamten Vorkriegs- und Kriegsjahre verdoppelt. Erwünscht wären auch Angaben aus andern elektrotechnischen Werken und aus der Hüttenindustrie selbst zur Vervollständigung des Bildes.

Die Zunahme des elektrischen Walzenantriebes gestaltet die ganze Energiewirtschaft weit besser als früher. So erzeugt ein Hüttenwerk in seinem Großgaskraftwerk hochgespannten Drehstrom, leitet ihn mehrere Kilometer nach seinem Walzwerk, das nur elektrische Einrichtungen hat, und außerdem versorgt es noch eine Straßenbahn und Grubenbetriebe mit Strom.

Vor 1914 baute man fast alle elektrischen Umkehrantriebe der Walzwerke als Doppelankermaschinen. Dadurch kam man auf höhere Spannungen und geringere Stromstärken und konnte außerdem die nötige Leistung in der Maschine unterbringen. Die üblichen Antriebmotoren für Blockstraßen hatten ein Ausschaltmoment von 200 mt. Zur Speisung dienten meistens Ilgner-Umformer von 400 bis 500 Uml./min und Reihenschaltung der Steuerdynamos. In den Jahren 1913 und 1914 nahmen die SSW größere Einankermotoren von 215 und 210 mt Ausschaltmoment in Betrieb. Die Bauart der Ilgner-Umformer für einen solchen Einanker-Umkehr-Walzwerkmotor von 210 mt Ausschaltmoment und 1400 V ist neuartig. Die beiden Steuerdynamos sind an das 42 t wiegende Schwungrad angeflanscht, das mit je zwei Ankern in nur zwei Lagern ruht. Zwei Dynamos des einen Umformers arbeiten parallel und dann in Reihe mit den beiden parallel geschalteten Dynamos des andern Umformers.

1922 kam in Frankreich eine von den SSW erbaute Anlage in Betrieb mit drei gleichartigen Einanker-Umkehrwalzmotoren von 220 mt Ausschaltmoment bei der Grunddrehzahl von 66 Uml./min, die im Magnetfeld auf 150 bis 180 Uml./min regelbar ist. Zu ihrem Antriebe dienen zwei Ilgner-Umformer mit je vier Steuermaschinen von 600 Uml./min. Die Raumverhältnisse gestatteten nicht, die beiden Umformer mechanisch zu kuppeln. Ihre Schwungmassen wurden deshalb durch elektrische Kupplung ausgeglichen, indem zwei Steuermaschinen des Umformers I mit zweien des Umformers II in Reihe geschaltet wurden. Bei dieser Anlage arbeitet die Blockstraße mit zwei Maschinen in Parallelschaltung, die große Walzarbeit leistende Fertigstraße mit vier Maschinen und die Knüppelstraße mit zwei Maschinen in Reihenschaltung. Von einem Umschaltschrank aus kann jeder Walzmotor nach jeder der drei in Abb. 5 (Leistungen und Drehmomente eines Einanker-Umkehrwalzmotors) gezeigten Schaulinien arbeiten. Ein eingebauter Schnellregler hält die Spannung der Steuermaschinen von der tiefsten bis zur höchsten Drehzahl der Ilgnerumformer unverändert. Zum Schutze des Motors vor unzulässigen Stromstärken und Überlastungen dient ein von Siemens & Halske nach dem Grundsatze der Leistungszeiger gebautes Strombegrenzungsrelais, das genau der Kurve der Ausschaltleistungen in der Feldschwächperiode für den Motor folgt, sich also den Schaulinien in Abb. 5 genau anschließt.

Bei einer andern mit Doppel-Ilgner-Umformer von 600 Uml./min laufenden Anlage in Frankreich treiben zwei gleichartige Einankermotoren von 163 mt Ausschaltmoment je eine Block- und eine Fertigstraße. Dieser Umformer besteht aus zwei Schwungrädern mit je rd. 100 000 PS_e nutzbarem Energieinhalt, acht gleichartigen Steuerdynamos und zwei Steuermotoren für Gleichstrom. Bemerkenswert ist seine Baulänge von 39 m. Diese Anlage hat elektrische und mechanische Kupplungen. Dadurch werden die Stöße auf das Netz wesentlich gemildert; denn die beiden Steuermotoren und die beiden Schwungräder nehmen stets gleichmäßig an dem Ausgleich der Belastungsschwankungen beider Straßen teil.

Auf dem Stahlwerk Hoesch dient der größte bis jetzt gelieferte Einankermotor mit 275 mt Ausschaltmoment bei einer Grunddrehzahl von 54,5 Uml./min und einer Klemmenspannung von 1540 V zum Antriebe der Blockstraße. Er wird durch vier Steuerdynamos gespeist, je zwei von ihnen arbeiten parallel und sind paarweise in Reihe geschaltet. Die beiden Doppel-Ilgner-Umformer arbeiten auf je eine Block- und Fertigstraße. Sie werden von Drehstrommaschinen angetrieben. Heißwasser-Anlasser dienen dazu, sie anzulassen und den Schlupf selbsttätig zu regeln.

Auf einer rheinischen Hütte mit Ilgner-Umformern für eine Synchrondrehzahl von 500 Uml./min wird die Schlupfenergie gewonnen und an die Welle des Steuermotors als mechanische Energie durch Drehstrom-Kollektormaschinen praktisch restlos zurückgegeben. Bei verlustloser Regelung mit Drehstromregelsatz für über- und untersynchrone Drehzahlregelung werden die Belastungsstöße auf das Netz geringer.

Der mit seinem Ausschaltmoment von 330 mt bei 46 Uml./min bisher größte im Betrieb befindliche Doppelankermotor der Welt ist imstande, 150 t/h Stahl bei sechs- bis achtfacher Verlängerung zu blocken. Er wird durch eine Ilgner-Umformeranlage gespeist, die statt der asynchronen Drehstrommotoren selbstanlaufende Synchronmotoren entsprechender Größe hat, um eine Verbesserung des Leistungsfaktors zu erzielen.

Die Schwungräder von Ilgner-Umformern und von durchlaufenden Walzenstraßen werden in neuerer Zeit mit Wirbelstrombremsen elektromagnetisch gebremst. Dadurch gelingt es, die

Abb. 4. Gesamtzahl und Gesamtleistung der den Siemens-Schuckertwerken in Auftrag gegebenen Walzenstraßenantriebe.

[1]) ETZ Bd. 46 (1925) S. 217 u. 261.

[2]) Z. Bd. 55 (1911) S. 157 u. 1309; Bd. 56 (1912) S. 508 u. 1217.

Abb. 5. Leistungen und Drehmomente eines Einanker-Umkehrwalzmotors.

——— Speisung durch zwei Steuerdynamos in Parallelschaltung.
——— „ „ „ „ Reihenschaltung.
– – – „ „ vier „ (zwei parallel geschaltete Gruppen in Reihe).

Schwungräder rasch still zu setzen, ohne ihre Oberfläche mechanisch anzugreifen. Die Auslaufzeit eines Schwungrades von 6 000 000 kgm² *GD*² beträgt ohne Wirbelstrombremse 32 min, wird sie eingeschaltet, nur 55 s.

Umschaltschränke werden verwendet, um die Einrichtungen zum beliebigen Umschalten der Hauptströme für die Walzmotoren und Steuerdynamos sowie auch die Erreger- und Hilfsstromkreise zusammenzufassen.

Der schwungradlose Umformerbetrieb mit Leonard-Steuerung hat sich gut bewährt, wo die Leistung der Zentrale so hoch ist, daß sie ohne Schaden die Stöße aufnehmen kann, wie sie bei Rohrwalzwerken und Ziehbänken auftreten. Er dient auch dazu, die Pilgerschläge von den Motoren großer Pilgerwalzwerke fernzuhalten, die unbedingt mit schwerem Schwungrad versehen sein müssen. Mit der Leonard-Steuerung wird auch die Drehzahl entsprechend den verschiedenen Rohrabmessungen geregelt und in gewissem Bereich gleich gehalten, so daß an der Oberfläche der gewalzten Rohre Rillenbildung nicht auftritt. Ein von den SSW gelieferter Gleichstrom-Walzmotor von 3000 kW für ein Pilgerwalzwerk hat bei einem höchsten Drehmoment von 84 mt eine Klemmenspannung von 600 V bei 85 Uml./min. Beim Bochumer Verein dienen zum Betriebe von drei Rohrwalzwerken drei miteinander gekuppelte Leonard-Umformer mit drei Steuermotoren von je 2600 kW und drei Steuerdynamos mit je 600 Uml./min und 4800 kW Stichleistung jeder Steuerdynamo.

Der schwungradlose Antrieb mit Ilgner-Umformern und Leonard-Steuerung hat sich vor allem bei schweren Triostraßen bewährt und bei Radreifen- und Radscheiben-Walzwerken findet die Leonard-Steuerung immer mehr Verwendung. Sie gestattet, wie bei den Duo-Umkehrstraßen, das Walzgut mit geringer Walzgeschwindigkeit zu fassen, während des Stiches auf die höchste Walzgeschwindigkeit zu gehen und am Ende des Stiches mit Hilfe seiner ausgezeichneten Bremswirkung, die im Verfahren begründet ist, die Straße schnell abzubremsen. Das führt zu erheblich kürzeren Stichpausen und ganz bedeutender Steigerung der Erzeugung. Im Rheinland, in Westfalen und in Mitteldeutschland arbeiten Anlagen mit einem Einanker-Walzmotor von 115 mt Ausschaltmoment für eine 750er Triostraße, bei dem die höchste Stromstärke 19 200 A beträgt. Der Motor ist so schmal gebaut, daß er von Wellenende bis Wellenende nur 5,43 m lang ist. Zwar sind die Anlagekosten höher als bei durchlaufenden Antrieben mit Schwungrädern, doch werden sie aufgewogen durch die Möglichkeit, jede Drehzahl sofort einzustellen und durch die erreichbare Produktionssteigerung.

Durchlaufende Straßen mit Schwungrädern können angetrieben werden: 1. durch Drehstrom-Asynchronmotoren, 2. durch Gleichstrommotoren oder bei einem Drehstromnetz durch Verbindung der Gleichstrommotoren mit Umformern, 3. durch Drehstrom-Gleichstrom-Regelsätze, 4. durch Drehstrom-Regelsätze.

Drehstrom-Asynchronmotoren sind zwar billig, doch sind sie nur wenig regelfähig, und das ist für den Walzwerkbetrieb nachteilig. Die SSW lieferten einen solchen Motor mit 5150 kW Höchstleistung zum Antrieb zweier Triostraßen. — Drehstrom-Erregermaschinen mit Fremderregung und Antrieb durch Zahnradvorgelege werden mit dem Walzmotor gekuppelt, um den Leistungsfaktor, vor allem bei langsam laufenden Motoren, zu verbessern.

Polumschaltbare Walzmotoren gestatten, verschiedene Drehzahlen zu wählen. Ein von den SSW gelieferter Zweiphasenmotor empfängt durch Scott-Transformatoren Zweiphasenstrom aus einem Drehstromnetz. Seine Drehzahlen betragen 245 und 163 Uml./min bei 1800 kW Höchstleistung bei beiden Drehzahlen. Ein andrer für gleichbleibendes Drehmoment berechneter polumschaltbarer Drehstrom-Walzmotor hat eine Höchstleistung von 2200 kW bei 490 Uml./min und von 1100 kW bei 245 Uml./min.

Drehstrom-Gleichstrom- oder Krämer-Regelsätze zum Antrieb durchlaufender Walzenstraßen mit Schwungrädern sind weit verbreitet und im allgemeinen im Wirkungsgrad den Gleichstrommotoren mit Einankerumformern und Transformatoren gleichwertig. Bei ihnen wird der Rotorstrom des Drehstromhauptmotors einem Einankerumformer zugeführt, der den Gleichstrom an einen mit dem Drehstromhauptmotor gekuppelten Gleichstrommotor abgibt.

Drehstrom-Regelsätze nach dem Verfahren Scherbius-Milch[1]) werden als Walzwerkmotoren verwendet, gestatten die Rückgewinnung des Schlupfes, die Regelung der Drehzahl im Über- und Untersynchronismus und verbessern den Leistungsfaktor. Die SSW haben eine eigene Bauart eines Drehstrom-Regelsatzes für Walzwerke. Bei ihr wird der Rotorstrom vom Drehstrom-Hauptmotor in einen unmittelbar oder durch Zahnradvorgelege gekuppelten Drehstrom-Kollektormotor geleitet, der durch Hilfserregermaschinen gesteuert wird. Die über- und untersynchrone Regelung geschieht ohne Verlust, und die Schlupfenergie wird wie bei Scherbius zurückgewonnen. Sie wird jedoch durch die Welle dem Hauptmotor wieder zugeführt und der Leistungsfaktor bei allen Belastungen praktisch auf 1 gebracht. Ausgeführt wurden solche Drehstrom-Regelsätze für 740 kW Dauerleistung regelbar von 260 bis 160 Uml./min und auch für 97 bis 65 Uml./min bei 740 kW Dauerleistung. [M 350] Dr.-Ing. Neufeld.

Brennstoffe.

Explosionsversuche mit Braunkohlenstaub.

Auf der 4. Technischen Tagung des mitteldeutschen Braunkohlenbergbaues in Leipzig berichtet Dr. Steinbrecher vom Staatlichen Braunkohlenforschungsinstitut der Bergakademie Freiberg über Explosionsversuche mit Braunkohlenstaub[2]). Die Möglichkeit der Explosionsgefahr besteht bei dem hohen Gehalt aller Braunkohlen an grober Feuchtigkeit in den Gruben nur in sehr geringem Maße, weitgehend aber in den Brikettfabriken nach erfolgter Trocknung der Kohle. Soweit dies im Betrieb selbst möglich ist, werden die Angaben Dr. Steinbrechers bezüglich der chemischen und physikalischen Bedingungen für Explosionen durch Erfahrungen und Beobachtungen bestätigt. Die Ausführungen lassen jedoch die Luftverhältnisse, vor allem die Luftfeuchtigkeit unberücksichtigt, die nach neueren Erfahrungen das Zustandekommen von Explosionen stark zu beeinflussen scheinen.

Eine Selbstentzündung des Staubes während der Trocknung im Röhrentrockner, in den Entstaubungsanlagen oder im Wrasen-Abzugschlot ist auf Grund der physikalischen Vorgänge und Verhältnisse im normalen Betrieb und bei Trocknung mit geringem Luftüberschuß nicht zu befürchten und nicht beobachtet worden. Stillstände, örtliche Ablagerungen selbst verhältnismäßig kleiner Mengen, verbunden mit Erwärmung des Staubes auf mehr als 105 °C führen zur Verschwelung, zur Selbstentzündung und gegebenenfalls bei Aufwirbelung zur Explosion. Vorausgesetzt ist dabei eine Brüdentemperatur von rd. 90 °C, Sättigung von rd. 20 vH, entsprechend einem Wassergehalt der Luft von rd. 200 bis 250 g auf 1 m³ Brüden. Die Kohlentemperatur beträgt im allgemeinen 80 bis 90 °C. Die Feinheit des Staubes schwankt je nach den Zugverhältnissen, ist aber verhältnismäßig gering. Der Rückstand auf dem Sieb 4900 beträgt im Mittel 30 vH, doch enthält der Staub oft bis zu 45 vH feine Teile, die restlos durch das Sieb 7200 gehen. Die Feuchtigkeit beträgt 8 bis 12 vH Wasser. Bei einer Brüdenmenge von 20 bis 30 000 m³/h ist die Dichtigkeit des Gemisches etwa bis 30 g auf 1 m³ Staub, liegt also weit unter der Grenze der Explosionsgefahr.

Bei den neuen Ausführungen der elektrischen Brüdenentstaubung stehender Anordnung wird der Staub in der Weise abgeführt, daß der an den Elektrodenplatten niedergeschlagene Staub in den aufsteigenden, ungereinigten Brüden zurückfällt. Das Gemisch reichert sich unterhalb der Platten stark mit Kohlenstaub an, der

[1]) ETZ Bd. 44 (1923) S. 753; BBC-Heft W 1003.
[2]) „Braunkohle" Bd. 24 (1925) S. 232.

dauernd von oben neu zugeführt wird, während die überschüssigen Mengen nach unten in Trichter fallen und abgezogen werden. Feinstaub hält sich leicht in der Schwebe und wird im Gemisch an dieser Stelle reichlich vertreten sein. Es besteht also hier ganz zweifellos ein äußerst explosives Gemisch, dessen Dichte je nach den Kohlen- und Zugverhältnissen verschieden ist. Im Laufe eines halben Jahres sind vier solcher Anlagen in Betrieb genommen worden, und es ist durch fehlerhafte Anordnung, Überschläge, Staubablagerungen, die sich jedoch beseitigen ließen, in mehreren Fällen Entzündung des Staubes im Schlot hervorgerufen worden. Der Funkenflug konnte in dem gefährlichen Raum unterhalb der Platten beobachtet werden, trotzdem ist in keinem Fall eine Explosion eingetreten. In einem Fall wurde der Schlot sogar sechs Tage lang mit Feuer gefahren, dabei wurde das Feuer zwei- oder dreimal mit dem Brüden über das Dach ausgestoßen, ohne daß es zur Explosion kam.

Im Gegensatz hierzu erfolgte im Schlot der elektrischen Gasreinigung einer Innenentstaubung vor kurzem eine schwere Explosion, die den Schlot teilweise zerstörte. Die Brüdentemperatur betrug hier 45 °C bei 80 vH Sättigung, der Wassergehalt mithin rd. 50 g/m³. Bei einer Brüdenmenge von 28 000 m³/h belief sich die Staubdichte auf 10 g/m³. Der Staub fällt hier, nach mechanischer Vorabscheidung, mit einer Feinheit von nur 1,5 vH Rückstand auf Sieb 7200 mit einer Feuchtigkeit von 16 bis 18 vH Wasser an. Die Zündung war wohl durch Überschlag hervorgerufen, dem nach 8 bis 10 min die Explosion folgte. Die Zerstörung von zwei Seitenwänden unterhalb der Platten läßt mit Sicherheit darauf schließen, daß die Explosion unterhalb der Platten erfolgte, die nicht in Mitleidenschaft gezogen wurden.

Wenn die größere Feinheit des Staubes auch hier die Entstehung der Explosion begünstigt haben mag, so ist doch ein wesentlicher Unterschied gegenüber den andern Schloten nicht vorhanden, da sich auch dort die feineren Staubteile leichter in der Schwebe halten und in der Gefahrzone zweifellos sehr stark vertreten sind. Der Wassergehalt des Brüdens mit rd. 50 g/m³ dagegen ist gegenüber rd. 700 g/m³ an den Trocknern außerordentlich gering, und darin scheint nach den gesamten Erfahrungen der Grund für das verschiedene Verhalten beider Anlagen zu liegen. Ausschlaggebend für die Verhinderung der Explosion im ungesättigten Brüden scheint nicht oder zum mindesten nicht allein die relative Feuchtigkeit, sondern der absolute Wassergehalt des Dampfluftgemisches. Die Häufigkeit von Explosionen in Staubluftgemischen mit geringem Feuchtigkeitsgehalt berechtigt zu dieser Annahme. Es ist zu wünschen, daß die Untersuchung der Ursachen auch auf dieses Gebiet erstreckt wird, zumal sich günstigere Verhältnisse zur Verhinderung von Explosionen in dieser Form im Brikettierbetrieb unschwer erreichen lassen. [N 621]

Hochdrucklokomotive der Delaware- und Hudson-Bahn.

Berichtigung. In Z. Nr. 42 S. 1335 l. Sp. muß es im Schlußabsatz des Berichtes von Prof. Meineke heißen: „Das gäbe zusammen eine Kohlenersparnis von 38 vH. Wenn man die Hälfte erreicht, wird man froh sein können . . .“ Der unbestimmte Ausdruck „eine stattliche Kohlenersparnis“ ist ohne Zutun des Verfassers bei einer Berichtigung hineingeraten. [N 1041]

Kleine Mitteilungen.

Neuere amerikanische Flugmotoren.

Die neueren Fortschritte der Flugmotoren mit Luftkühlung haben auch die Weiterentwicklung der Motoren mit Wasserkühlung angeregt. Da die Drehzahl der Luftschraube begrenzt ist, steigert man die Drehzahl der Motoren unter gleichzeitiger Erhöhung des Übersetzungsverhältnisses der Vorgelege bis auf 2 : 1. Obgleich man auch schon Reihenmotoren mit Luftkühlung entwickelt hat, scheint sich doch die Luftkühlung am besten bei Motoren mit sternförmiger Anordnung der Zylinder zu bewähren. Mit einer kompressorlosen Zweitakt-Dieselmaschine, Bauart Attendu, die von der Eastern Engineering Corp., Montreal, gebaut wird und die mit zwei Zylindern bei 1800 Uml./min 125 PS leistet, sind aussichtreiche Versuche ausgeführt worden. Diese Maschine, die zwischen Leerlauf und Vollast bei Betrieb mit sehr schwerem Öl von 10 °Bé rauchfreien Auspuff ergibt, wiegt nur 1,58 kg/PS. Sie hat allerdings den Dauerlauf von 50 h noch nicht bestanden. Zwei weitere neue Bauarten für Flugmotoren kennzeichnen sich durch das Fehlen des Kurbelgetriebes. Die eine, Bauart Almen, arbeitet nach dem Verfahren der Taumelscheibe mit einer größeren Anzahl rund um die Welle angeordneter Zylinderpaare, die zweite Maschine hat vier sternförmig um die Welle herum liegende Zylinder mit Luftkühlung, deren Kolben mittels unrunder Scheiben unmittelbar auf die Welle einwirken. Die Versuche mit diesen ungewöhnlichen Bauarten sind vorläufig noch im Gange. („Mechanical Engineering“ Oktober 1925 S. 783/89*.) [N 1051 a] H.

Neuartige Transformatorkühlung.

Die Illinois Electric Power Co. hat bei einer aus drei ölisolierten Transformatoren mit Luftkühlung bestehenden Anlage von 10 000 kVA, 140 000/37 500 V bei 60 Per./s für Einphasen-Wechselstrom eine neuartige Vorrichtung eingebaut, die sich bestens bewährt haben soll. Der Grundgedanke der Anlage besteht darin, daß eine verhältnismäßig geringe Menge Luft in bestimmten Abständen gegen die Außenwand des Transformators geblasen wird, wodurch der dünne die Außenwand ringförmig umgebende Streifen Luft, der bei normaler Luftströmung häufig der Wand anhaftet und dadurch genügenden Wärmeaustausch verhindert, weggeweht und frische Luft von außen herangeführt wird. Die hierzu erforderliche Gebläseanlage braucht nur etwa 5 vH der im Transformator verzehrten Energie und kann selbsttätig mittels Thermostaten oder von Hand gesteuert werden.

Die Kosten der gesamten Kühlvorrichtung sind etwas höher als die eines gewöhnlichen luftgekühlten, aber niedriger als die eines wassergekühlten Transformators. Die Vorrichtung kann an jedem luftgekühlten Transformator angebracht werden. („Electrical World“ 3. Oktober 1925 S. 703.) [N 1051 b] Sd.

Benzin-Triebwagen für gemischten Reibungs- und Zahnradbetrieb.

Ein zweiachsiger von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur, gebauter Motorwagen für 1000 mm Spurweite hat bei den Probefahrten die an die Bauart gestellten Erwartungen gerechtfertigt. Der mit Riggenbachschem Zahnstangenantrieb ausgestattete Wagen überwand Steigungen von 160 vT ohne Schwierigkeiten und erreichte bei Steigungen unter 37 vT eine Geschwindigkeit von 60 km/h und bei solchen von etwa 95 vT ungefähr 20 km/h Geschwindigkeit. Der Antriebmotor ist ein Vierzylinder-Benzinmotor, Bauart Saurer, der bei 1400 Uml./min 68 PS leistet. Das dreistufige Geschwindigkeits-Wechselgetriebe mit Öldruckschaltung zeigte einen Wirkungsgrad von etwa 95 vH, während der Gesamtwirkungsgrad für die Kraftübertragung vom Motor bis zum Treibradumfang etwa 90 vH betrug. Zum Umschalten der Fahrtrichtung dient ein Wendegetriebe. Das Dienstgewicht des Wagens beträgt 6,8 t. (Schweiz. Bauzeitung 17. Oktober 1925 S. 196*.) [N 1051 c] G.

Maschinelle Herstellung von Glasflaschen.

Eine neue selbsttätig arbeitende Maschine zur Herstellung von Glasflaschen ist nach langjährigen Untersuchungen von der Metropolitan-Vickers Electrical Co., Ltd., Manchester, hergestellt worden. An einer Säule, deren Oberteil drehbar ausgebildet ist, und durch die die zur Kühlung der Maschine dienende Frischluft zugeführt wird, sind zehn gleich ausgebildete Vorrichtungen angeordnet. Diese Einheiten sind auf einem gußeisernen Ring befestigt, der in einem im Maschinensockel angeordneten Ölbett umläuft, wobei der Ring durch einen Gleichstrommotor von 3,5 PS Leistung angetrieben wird. Während des Umlaufes saugt jede Vorrichtung selbsttätig aus einem ebenfalls umlaufenden Becken die zur Herstellung einer Flasche notwendige Menge flüssigen Glases. Während der nächsten Arbeitsvorgänge wird die Flasche geblasen und selbsttätig aus der Vorrichtung ausgestoßen. In 1 min wurden so 27, in einer Woche rd. 250 000 Flaschen von je 0,57 l Füllraum hergestellt, wobei 7 vH nicht zu verwenden waren. Der gesamte Kraftbedarf der Maschine einschließlich der Nebenvorrichtungen beträgt 60 PS. („The Engineer“ 16. Oktober 1925 S. 395*.) [N 1051 d] Gw.

Ermüdung von Schweißstellen bei Schwingungen.

Das Verhalten geschweißter Rohrverbindungen gegen Schwingungsdauerfestigkeit ist von der Ingenieurabteilung des amerikanischen Luftdienstes untersucht worden. An einer besonderen Prüfmaschine werden die geschweißten Rohre beiderseits in Laufstellen gelagert, quer belastet und um ihre Achse gedreht. Bei jeder Drehung mit 360° durchläuft die Schweißstelle wellenförmig Zug- und Druckbeanspruchungen. Die bisherigen Versuche ergaben für die Schweißstellen eine wesentlich geringere Festigkeit als für das ungeschwächte Rohr. Die Festigkeit eines vollen Rohres beträgt etwa 2300 kg/cm², die der Schweißstelle nur 1100 kg/cm², also nur 50 vH davon. Ebenso bedeutungsvoll ist das Ergebnis der Versuche bezüglich der Bruchstelle. Beim statischen Zerreißversuch brach das gasgeschweißte Rohr zumeist neben der Schweißstelle, beim Schwingungsdauerversuch dagegen in der Schweißstelle. Bei Lichtbogenschweißungen erfolgte der Bruch in beiden Fällen in der Schweißstelle, da bei diesem Verfahren das Rohr örtlich erwärmt wird. Die Versuche werden fortgesetzt, um den Einfluß der Wärmebehandlung, des Werkstoffes und von Konstruktionsänderungen zu klären. („Mechanical Engineering“ Oktober 1925 S. 794.) [N 1051 e] A.

Der Saugbagger „Clackamas" mit Diesel-elektrischem Antrieb.

Kürzlich ist im Hafen von Portland ein bemerkenswerter Saugbagger in Betrieb genommen worden, der das Baggergut mit etwa 4,7 m/s Geschwindigkeit durch eine rd. 2,5 km lange Rohrleitung treibt und für eine Leistung von rd. 1500 m³/h Sand gebaut ist. Man hat sich für den elektrischen Antrieb der Kreiselpumpe entschieden, und zwar wird Gleichstrom von 500 V Spannung benutzt, den vier Stromerzeuger liefern. Diese werden durch schnellaufende, kreuzkopflose Viertakt-Dieselmotoren angetrieben. Zwei von diesen leisten mit je acht Zylindern bei 200 Uml./min je 800 PS, die beiden andren mit je sechs Zylindern bei 150 Uml./min je 900 PS, zusammen also 3400 PS. Die Stromerzeuger liefern 2 . 540 und 2 . 610 kW. („Motorship", New York, Oktober 1925 S. 757*.) [N 1051 f] W. S.

Kleinkalibermaßstab.

Zum Eichen von Mikroskopen und ähnlichen Feinmeßgeräten ist unter Aufsicht der Abteilung für Maße des Bureau of Standards, U. S. A. ein Kleinkalibermaßstab von 12,7 mm Länge fertiggestellt worden. Der Maßstab besteht aus Stellit, das trotz seiner Härte und schweren Bearbeitbarkeit gewählt wurde, weil es rostfrei ist. Der erste der zehn eingetragenen Abschnitte von 1,27 mm Länge ist in fünfzig gleiche Abschnitte von je 0,025 mm mit 0,000 05 mm Genauigkeit bei 20 °C unterteilt. Die eingetragenen Maßlinien sind 0,001 27 mm dick und 1,27 mm lang. („American Machinist" 17. Oktober 1925 S. 429.)
[N 1051 g] Sd.

Neue Pläne für die Wasserkraftausnutzung an der Goldküste.

Für die Ausbeutung der Erzvorkommen an der Goldküste spielt die Ausnutzung der vorhandenen Wasserkräfte eine wichtige Rolle. Durch den Bau eines 15 m hohen Staudammes am Volta-Fluß bei Akonsomo in der Nähe von Ajina würde man 90 000 PS gewinnen. Einige Wasserkraftwerke an anderen Flüssen würden 2600 bis 13 200 PS liefern, jedoch würde das Kraftwerk bei Ajina für die Stromversorgung der Bahnen und der größten Gruben und Werke genügen. („Engineering" 16. Oktober 1925 S. 484.) [N 1051 h] Js.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Maschinentechnisches Versuchswesen Bd. II. **Maschinenuntersuchungen und das Verhalten der Maschinen im Betriebe.** Von A. Gramberg. 3. verb. Aufl. Berlin 1924, Julius Springer. 601 S. mit 327 Abb. Preis 20 *M*.

Die früheren Auflagen dieses Werkes wurden zwar in dieser Zeitschrift nicht so eingehend besprochen, wie es die in vieler Hinsicht vortreffliche Arbeit verdient und der Zweck der Kritik, Verbesserungen herbeizuführen, nahelegt, immerhin brachte die letzte Besprechung Z. Bd. 66 (1922) S. 707 eine wichtige Anregung, die leider die vorliegende Auflage nicht berücksichtigt und daher wiederholt werden soll.

Das Werk ist eine sehr anerkennenswerte Zusammenstellung von Musterbeispielen für Untersuchungen an Maschinen verschiedenster Art; es würde aber dem zweiten Teil seines Titels besser entsprechen, wenn es durch Untersuchungen an größeren und neueren Ausführungen ergänzt werden könnte. Von den untersuchten Maschinen müßten Zeichnungen beigefügt werden, aus denen der Leser die wichtigsten Abmessungen entnehmen könnte. Bei Dampfmaschinen wären z. B. die Zylinder mit Steuerung, Rohrverbindungen vom Abscheider bis zum Kondensator und Luftpumpen beizufügen und Mängel dieser Teile sowie der Dampfverteilung an der Hand der Abbildungen zu besprechen. Insbesondere gilt dies von dem Zusammenhang zwischen dem im Diagramm erkennbaren und dem wirklichen Verlauf von Absperren und Eröffnen. Sämtliche Niederdruckdiagramme, die im Buch wiedergegeben sind, zeigen z. B. unzureichenden Dampfaustritt, der Kritik verdient. In neuerer Zeit kommt deshalb die Steuerung des Austritts durch den Dampfkolben mehr und mehr in Aufnahme.

Den Gegendruckbetrieb hat O. Hartmann durch seine Versuche über den Einfluß hoher Dampfspannung und den vorzüglichen Wirkungsgrad der Kolbendampfmaschine[1]) auf den richtigen Weg gewiesen; die Aufgaben, die aus dem Verhältnis von Leistung und Heizdampfverbrauch entstehen (S. 299 bis 319), können ohne Erörterung des zweckmäßigsten Dampfdruckes nicht mehr richtig gelöst werden. In dieser Hinsicht ist Aufklärung an der Hand von Beispielen aus wirtschaftlichen Gründen dringend erwünscht und daher auch Ausgestaltung der an sich wertvollen Rechnungen über Abdampfverwertung notwendig.

Einzelne Kleinigkeiten seien noch erwähnt: Die Verwendung von Injektoren (S. 86) ist auch im neuen Entwurf der Regeln für Abnahmeversuche nicht zugelassen. Tatsächlich wird nur die im Betriebsdampf enthaltene Wärmemenge (abzüglich Verlusten) dem Kessel wieder zugeführt, nicht aber der Erzeugungsverlust. Dieser kann bei absatzweiser Speisung mit Injektoren, die für mehrere Kessel bemessen sind, auch im ganzen infolge erhöhter Dampferzeugung fühlbar gesteigert werden. Die Wärmerückführung kommt dabei erst verspätet zur Geltung, es sind daher erhebliche Störungen im Beharrungszustand und im Kesselwirkungsgrad möglich. Bei Kesseln mit Rauchgasvorwärmern ist die Schädigung noch klarer.

Für die nächste Auflage wäre eine Sichtung der Bezeichnungen zu empfehlen. Beispielsweise ist das Zeichen ε S. 7 in der grundlegenden Bedeutung als Verbrauch neu eingeführt ($\varepsilon = N_1/N_2 = 1/\eta$ ist der reziproke Wert des Wirkungsgrades), und nachher S. 7, S. 31, S. 65 und S. 310 in gänzlich verschiedenen Bedeutungen verwendet.

Das Werk darf ungeachtet dieser Mängel nach Inhalt und Ausstattung als hervorragend bezeichnet werden.
[E 860] Dr. R. Doerfel.

[1]) Vergl. Z. Bd. 65 (1921) S. 713.

Leichtflugzeugbau. Von Dr.-Ing. Lachmann. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg. V und 141 S. mit 107 Abb. Preis 6,50 *M*.

Leichtflugzeugbau ist nicht im gleichen Maße Leichtbau wie die Herstellung größerer Flugzeuge, da das verhältnismäßige Gewicht für eine mittlere Größe am günstigsten wird. Um so wertvoller sind aber Richtlinien für Bau und Technologie der kleinen Flugzeuge, zumal gerade auf diesem Gebiete vielfach nicht im Reihenbau gearbeitet werden kann, sondern Einzelerzeugnisse hervorgebracht werden, die in strömungs- und werkstattechnischer Hinsicht mancherlei Anlaß zur Kritik bieten. Von einer solchen Kritik sieht aber der Verfasser ab, wenn er die Ergebnisse der konstruktiven Arbeiten auf dem Gebiete des Leichtflugzeugbaues im In- und Auslande zu einer gedrängten Übersicht zusammenfaßt und eine Reihe von Mustern mit Zeichnungen, Lichtbildern und Zahlentafeln ausführlich beschreibt. An dieses Bild der bautechnischen Entwicklung schließen sich die strömungstechnischen Grundlagen an, in denen teilweise unveröffentlichte Windkanal-Modellmessungen gebracht werden. In dem klaren Abschnitt über die Leistungsberechnung ist auf die neueren, vor allem die nomographischen Verfahren leider nicht eingegangen, dagegen ist die Luftschrauben- und Leitwerkberechnung eingehend und teilweise neuartig behandelt. Ein besonderes Verdienst des Buches, das sonach eine Lücke glücklich ausfüllt, scheint mir in der einleitenden, heute sehr notwendigen Warnung vor dem „Allzuleichtflugzeug" zu liegen. [E 857] Everling.

Die Beanspruchung der Straßen durch die Kraftfahrzeuge. Von Dr.-Ing. W. Schaar. Charlottenburg 1925, Zementverlag. 68 S. m. 25 Abb. Preis 2 *M*.

Die Schrift ist als eine umfassende Betrachtung über die Kräfte, die beim Fahren von Kraftwagen und von bespannten Wagen auf die Straßendecke wirken, sicher lesenswert, zumal der Verfasser die gesamten bisher bekannt gewordenen Versuchsergebnisse benutzt und auf Grund dieser Ergebnisse neue Vergleichswerte ableitet. Allerdings scheint manche Schlußfolgerung wegen der Unsicherheit der Annahmen, wie bei der Spärlichkeit der vorhandenen Versuchsergebnisse begreiflich, etwas unsicher und daher die Untersuchung mindestens nicht ausreichend, um, wie der Verfasser vorschlägt, auf Straßen mit Schotterdecke die Verwendung von Vollgummireifen auch bei Lastkraftwagen grundsätzlich zu verbieten. [E 867] H.

Zsigmondy-Festschrift, Jubelband der Kolloid-Zeitschrift, unter Mitarbeit von Freunden, Verehrern und Schülern herausgegeben von W. Bachmann und Wo. Ostwald. Dresden 1925, Theodor Steinkopf. 390 S. m. zahlr. Abb. u. Taf. Preis geb. 20 *M*.

Das stattliche, zum 60. Geburtstage von Richard Zsigmondy, dem Altmeister der Kolloidforschung, herausgegebene Werk enthält rd. 40 Beiträge, die hauptsächlich für den Kolloidchemiker bestimmt sind. Eine Reihe von Aufsätzen sind jedoch auch für den Ingenieur von praktischem Wert, so z. B. von R. Auerbach, Zur Methodik der Viskosimetrie bei variabler Fließgeschwindigkeit, Bachmann und Brieger, Benetzungswärme von Öl zu Metall und ihre Beziehung zur Schmierergiebigkeit (Nachweis des Einflusses der Ölsäure auf die Schmierfähigkeit der Öle durch Messung der Benetzungswärme), Doelter, Bedeutung der Kolloidchemie für Mineralogie und Geologie (Entstehung von Erzen), Freundlich und Hauser, Kautschukmilchsäfte, Kruyt, Lyophile Kolloide und das Poiseuillesche Gesetz, Westgren und Phragmén, Aufbau der Legierungen, Keppler und Kranz, Wasserbindung im Hochmoorhumus

und andre. Alles in allem ist die Festschrift ein Beweis für die Vielseitigkeit der Kolloidchemie und hervorragend geeignet, einen Einblick in ihr Arbeitsgebiet zu vermitteln. [E 850]

VDI-Bücher, Berlin 1925, VDI-Verlag. Nr. 2: **Feuerungstechnik.** Von B. H. Trenkler. 319 S. m. 66 Abb. Preis 6 *M*. Nr. 3: **Hochdruckdampf.** Von O. H. Hartmann. 183 S. m. 61 Abb. Preis 5 *M*.

Mitteilungen des Deutschen Wasserwirtschafts- u. Wasserkraft-Verbandes E. V. H. 3: **Über Wertberechnung von Wasserkräften.** Neubearb. v. Adolf Ludin u. W. G. Waffenschmidt. 23 S. Preis 1,50 *M*. H. 12: **Umrechnungstabellen für Niederschlag und Abfluß.** 4 Tab. Preis 0,80 *M*. Berlin-Halensee 1925, Deutscher Wasserwirtschafts- und Wasserkraft-Verband.

Motorwagen und Fahrzeugmaschinen für flüssigen Brennstoff. Von A. Heller. Bd. 1: Motoren u. Zubehör. 2. verm. u. verb. Aufl. Berlin 1925, Jul. Springer. 438 S. m. 811 Abb. Preis 33 *M*.

Die Binnenschiffahrt der Vereinigten Staaten von Amerika, ihre jüngste Entwicklung. Von Ernst Esch. Leipzig 1925, G. A. Gloeckner. 120 S. m. versch. Abb. Preis geh. 8,40 *M*, geb. 10 *M*.

Des Lokomotiv-Ingenieurs Taschenbuch. Zur Erinnerung an die Fertigstellung der 20 000sten Lokomotive. Cassel 1923, Henschel & Sohn G. m. b. H. 174 S. m. 191 Abb. Preis 5 *M*.

Wirtschaftsfragen der Gegenwart Heft 2: **Die Entwicklung der Eisenindustrie in Düsseldorf.** Von Alex Stüwer. Düsseldorf 1925, Deutsche Kunst- und Verlagsanstalt. 53 S. Preis 1,30 *M*.

Jahrbuch des Norddeutschen Lloyd Bremen. 1924. Die deutsche Seeschiffahrt. Bremen 1925, Kommissionsverlag **Franz Leuwer.** 290 S. m. zahlr. Abb. Preis 10 *M*.

Festschrift zur Feier des 50jähr. Bestehens der Firma **C. & E. Fein, Stuttgart.** Herausg. bei Fertigstellung der 100 000sten Maschine. Juni 1925. 77. S. m. versch. Abb.

Der Kleine Herder. Nachschlagebuch. 1. Halbbd. A—K. Freiburg. i. Br. 1925, Herder & Co., G. m. b. H. 752 S. m. zahlr. Abb. Preis 15 *M*.

Sonderausgabe der Verkehrstechnischen Woche: **Verschiebebahnhöfe in Ausgestaltung und Betrieb.** Hrsg. von Dr. Blum und Dr. Baumann. Berlin 1925, Guido Hackebeil. 54 S. m. 27 Abb. Preis 4 *M*.

Festschrift zur Rheinischen Jahrtausendfeier. Hrsg. von der Bergmännischen Vereinigung a. d. Techn. Hochschule Aachen. Schriftleiter Josef A. Engelmann. Aachen 1925. 36 S. m. einz. Abb. Preis 3,50 *M*.

Das neue Sachleistungsverfahren nach dem Londoner Protokoll. Von Albert Cuntze. Berlin 1925, Carl Heymann. 166 S. Preis geh. 6 *M*, geb. 7 *M*.

Lehrbuch der Elektrotechnik. Von E. Stöckhardt. 3. umgearb. Aufl. Leipzig und Berlin 1925, Walter de Gruyter & Co. 339 S. m. 377 Abb. Preis 13 *M*.

Taschenbuch für Feuerungstechniker. Von Ferd. Fischer. 9. verb. Aufl. Bearb. v. Fr. Hartner. Leipzig 1925, Alfred Körner. 352 S. m. 34 Abb. Preis 9 *M*.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Eine neue Bauart von Oberflächenkondensatoren.

Ein bemerkenswerter Aufsatz von Dr. Heuser, Bochum, in Z. Bd. 68 (1924) S. 1121 bis 1124 über Oberflächenkondensatoren enthält wesentliche, bisher im Kondensatorbau noch nicht berücksichtigte Gesichtspunkte und im Anschluß daran Versuchsergebnisse, die den Beweis für die Richtigkeit dieser neuen Theorien liefern sollten.

Es ist wohl anzunehmen, daß dieser Aufsatz dort eine gewisse Unruhe hervorgerufen hat, wo bisher die Kondensationsanlage nicht zur Zufriedenheit gearbeitet hat. Dort wird man den Wunsch hegen, durch Umbau nach den neuen Gesichtspunkten eine bessere Wirkung zu erreichen. Da ein Umbau mit Kosten verknüpft ist, fragt es sich, ob sich diese rechtfertigen lassen.

Im folgenden soll auf Grund einer einfachen Rechnung gezeigt werden, daß die Voraussetzungen, auf die sich diese neue Kondensatorbauart gründet, in Wirklichkeit nicht erfüllt werden, daß also damit auch die durch die Neuerung angestrebten Wirkungen nicht erreicht werden können, so daß es demnach keinen Gewinn bedeuten würde, Kondensatoren nach den neuen Gesichtspunkten umzubauen.

Der Ginabat-Kondensator unterscheidet sich von den bisher üblichen Bauarten dadurch, daß die Kondensatorrohre nicht senkrecht untereinander stehen, sondern um einen gewissen Betrag zu einander versetzt sind. Durch die neue Rohranordnung soll nach Dr. Heusers Angabe erreicht werden, daß der niedergeschlagene Dampf von den oberen Rohren nicht auf die Mitte der darunter befindlichen Rohre tropft, sondern diese Rohre nur tangential berührt. Hierdurch soll die Kondensathaut, die sich sonst über die ganze Rohroberfläche lagern würde, nur etwa ein Viertel der Oberfläche berühren, infolgedessen den Wärmeübergang nicht in dem Maße beeinträchtigen, wie es bei der senkrechten Rohranordnung geschieht.

Es soll nun zunächst untersucht werden, welche Wassermenge stündlich auf ein Rohr niedergeschlagen werden kann. Um auf leicht übertragbare Ergebnisse zu kommen, werde der Einfachheit halber ein Rohr von 1 m Länge und den im Schiffsmaschinenbau üblichen Durchmessern 19 × 17 mm angenommen. Die übertragbare Wärmemenge ist $Q = k F \Delta t$, wobei F die Kühlfläche der Rohre auf der Wasserseite, hier ist $F = 0{,}0534\ m^2$, k die Wärmeübergangzahl und Δt den Temperaturunterschied bedeuten.

Das stündlich niedergeschlagene Dampfgewicht ist genügend genau $D = \frac{Q}{575}$ kg. Aus Abb. 1 kann man diese Wassermenge für verschiedene k und Δt entnehmen. Man ersieht z. B. daraus, daß bei $k = 10\,000$, $\Delta t = 5{,}4\ ^\circ C$ auf diesem 1 m langen Rohr stündlich 5 kg Dampf niedergeschlagen werden könnten. Man kann mit Abb. 1 ohne weiteres auch die sekundliche, auf dem Rohr niedergeschlagene Dampfmenge in cm^3 erhalten, wenn man die Abszissenachse entsprechend teilt. Man sieht beispielsweise, daß auf 1 m Rohrlänge bei $k = 10\,000$ und $\Delta t = 10\,^\circ$ in 1 s 2,58 m^3 Wasser niedergeschlagen werden. Würde man nun annehmen, daß der Wasserschleier, der sich bei der Kondensation an jedem Rohr bildet, mit einer Geschwindigkeit von 1 cm/s vom Rohr abfließt, so könnte die Dicke dieses Schleiers nur 0,25 mm betragen. In Wirklichkeit kann sich dieser Schleier jedoch garnicht bilden, weil erstens ein $\Delta t = 10\,^\circ$ nur in einem mangelhaften Kondensator auftreten wird (hier sollen nur gute Kondensatoren untersucht werden), zweitens das k mit 10 000 außerordentlich hoch eingesetzt ist und drittens die Abflußgeschwindigkeit tatsächlich einen höheren Wert annehmen wird als den hier eingesetzten (siehe Nachtrag). Die Abflußgeschwindigkeit könnte vielleicht so niedrig sein, wenn keine Dampfströmung im Kondensator herrschte, was natürlich ausgeschlossen ist. Der Schleier wird sich infolge der Oberflächenspannung des Wassers in Tropfen auflösen. Auf diese Tropfenbildung soll weiter unten noch näher eingegangen werden.

Abb. 1. Kondensatmengen bei verschiedenen Wärmeübergangzahlen und Temperaturunterschieden.

Würde im Kondensator keine Dampfströmung herrschen, so müßte doch dadurch, daß der Dampf am Rohr niedergeschlagen und demzufolge sein Rauminhalt verschwindend klein wird, eine nach der Rohrmitte gerichtete Dampfströmung eintreten, Abb. 2. Diese Strömgeschwindigkeit läßt sich ausrechnen und ergibt sich beispielsweise bei $k = 10\,000$, $\Delta t = 10\,^\circ$ und einem Kondensatordruck von $p = 0{,}04$ at zu $v = 1{,}16$ m/s in 125 mm Abstand von Rohrmitte. Diese Geschwindigkeit muß natür-

Abb. 2. Nach der Rohrmitte gerichtete Dampfströmung.

Abb. 3. Verminderung der Dampfgeschwindigkeit infolge der Rohranordnung.

Abb. 4. Maschinenleistung und Kraftbedarf der Kondensation in Abhängigkeit von der Luftleere.

lich mit der Verringerung des Abstandes vom Rohr zunehmen; in 10 mm Entfernung von Mitte Rohr würde sie $v = 1{,}45$ m/s betragen. Man sieht daraus, daß es sich hier nur um ganz geringe Geschwindigkeiten handeln kann, die gegenüber der Geschwindigkeit des Dampfes zwischen den Rohrreihen, wenigstens für die oberen ersten Rohrreihen ganz vernachlässigbar sind und in den unteren Rohrreihen nicht mehr auftreten können, weil dort nur wenig Dampf vorhanden sein wird.

Je nach dem Rohrabstand beträgt die Dampfgeschwindigkeit beim Eintritt in das obere Rohrbündel gegen 40 bis 60 m/s, also im Mittel 50 m/s. Es soll untersucht werden, welchen Einfluß sie auf Wassertropfen ausüben kann.

Hausbrand hat das Verhalten von Flüssigkeitstropfen in Dampf- und Luftströmen in Abschnitt XI, 6te Auflage des Buches „Verdampfen, Kondensieren und Kühlen" untersucht. Er kommt zu dem Ergebnis, daß die Dampfgeschwindigkeit, die einen dem Gewicht eines fallenden Wassertropfens gleichen Druck ausüben soll, zunehmen muß bei größerem Tropfendurchmesser und kleinerer Dampfspannung. In seinen Zahlentafeln findet man, daß bei 754 mm Luftleere, bei 0,1, 0,25, 0,5, 1 mm Tropfendurchmesser die zugehörigen Dampfgeschwindigkeiten 15,1, 24, 33,5 und 48 m/s betragen müssen. Diese Geschwindigkeiten würden also genügen, in einem senkrecht nach oben gerichteten Dampfstrom einen Tropfen entgegen der Schwerkraft in der Schwebe zu halten.

Hier liegen jedoch die Verhältnisse anders, denn es tritt der Dampf wohl in den meisten Fällen oben in den Kondensator ein, die Tropfen fallen also mit dem Dampfstrom zusammen herunter. Es wird demnach eine viel geringere Geschwindigkeit genügen, um die Tropfen vom Rohr mitzureißen.

Die Rohrteilung beträgt in der Regel bei Schiffskondensatoren 30 mm, so daß zwischen zwei Rohren von 19 mm Dmr. ein Zwischenraum von 11 mm bleibt. Bei 1 m Rohrlänge, 50 m/s Dampfgeschwindigkeit und 0,04 at Kondensatordruck gehen 15,7 g/s Dampf durch diesen Spalt. Bei $k = 10\,000$, $\Delta t = 10°$ würde, da ein Rohr 2,58 g Dampf niederschlagen kann, der Dampfstrom unter absatzweiser Verminderung seiner Geschwindigkeit bis zum sechsten Rohr gelangen, Abb. 3. Bei einem in wahrscheinlichen Grenzen liegenden $k = 4000$ und $\Delta t = 5°$ würde der Dampfstrom etwa bis zum 30. Rohr gelangen. Wäre dann die Geschwindigkeit des herunterfallenden Wassers auch nur 0,5 m/s, so müßte die Dicke des 1 m langen Schleiers, wenn er sich bilden könnte, 0,0314 mm betragen. Dieser Schleier kann sich nicht bilden, und es soll angenommen werden, er löse sich in Tröpfchen von 2 mm Dmr. auf. Dann müßten sich 3750 Tröpfchen bilden, deren Geschwindigkeit zu 0,5 m/s geschätzt werden möge. Nimmt man ferner den wagerechten Abstand der einzelnen Tröpfchen voneinander zu 10 mm an, so erhält man ihren senkrechten Abstand zu 13,3 mm.

Diese kleine Rechnung dürfte also zeigen, daß die Wasserbänder, die in den Abbildungen 2 und 3 des Heuserschen Aufsatzes dargestellt sind, tatsächlich sich gar nicht bilden können.

Die in Wirklichkeit entstehenden Wassertröpfchen werden also bei den Kondensatoren mit senkrechter Rohrteilung nicht entfernt die schlechten Wärmeübergänge bewirken können, wie sie Dr. Heuser dieser Bauart zugeschrieben hat.

Zu der Frage der Kühlwassergeschwindigkeit möge noch eine Frage angeschnitten werden, die nicht mit den Ausführungen des Herrn Dr. Heuser in Zusammenhang steht, nämlich der Kraftverbrauch der Kondensatoren, der ja in gewisser Weise durch die Kühlwassergeschwindigkeit beeinflußt wird.

Man kann nicht ohne weiteres sagen, daß mit der Verbesserung der Luftleere, die unter sonst gleichen Umständen bei Vergrößerung der Kühlwassergeschwindigkeit eintritt, auch zugleich eine erhöhte Wirtschaftlichkeit der Anlage erreicht wird. Wie die Verhältnisse sich gestalten, zeigt Abb. 4. Die Maschinenleistung, als Funktion der Luftleere im Kondensator aufgetragen, wird eine nach oben konvexe Kurve ergeben. Der Kraftbedarf der Kondensation dagegen, der sich zusammensetzt aus dem Kraftbedarf von Luft-, Kondensat- und Kühlwasserpumpe, wobei diese bei steigender Luftleere, die durch hohe Wassergeschwindigkeit erreicht wird, den Hauptanteil ausmacht, wird nach unten konvex gekrümmt sein. Infolgedessen wird die größte Wirtschaftlichkeit der Anlage, nämlich der größte Unterschied zwischen Maschinenleistung und Kraftbedarf der Kondensation nicht bei der besten Luftleere eintreten, sondern bei einem mittleren Wert, der je nach der betreffenden Anlage wahrscheinlich zwischen 92 und 98 vH liegt.

Diese wirtschaftlichste Luftleere ist genügend genau natürlich nur durch Rechnung und Versuche festzustellen und für jede Anlage verschieden.

Augsburg. Dipl.-Ing. Kühne.

Erwiderung.

Die an sich sehr sorgfältig begründeten Einwände von Herrn Dipl.-Ing. Kühne lassen das, worauf es ankommt, vollkommen außer acht, nämlich die Tatsache, daß mein Aufsatz Vergleichsversuche zwischen Ginabat-Kondensatoren und gewöhnlichen Kondensatoren wiedergibt. Es handelt sich nicht um Versuche zur Feststellung der größten bei Ginabat-Kondensatoren erreichbaren Wärmedurchgangzahlen, sondern um Vergleiche unter Betriebverhältnissen mit zum Teil stark verschmutzten Kondensatoren, wie auch die Bemerkungen bei meinen Zahlentafeln angeben. Die absolute Höhe der Wärmedurchgangzahlen sowohl der Ginabat-Kondensatoren als der gewöhnlichen Kondensatoren spielt dabei keine Rolle. Im übrigen sind inzwischen weitere Zahlen über Ginabat-Kondensatoren veröffentlicht worden (Z. Bd. 69 (1925) S. 81), die über die Zahlen meines ersten Aufsatzes noch erheblich hinausgehen. Die Betrachtungen des Herrn Kühne haben daher lediglich rechnerischen Wert und können die durch Versuche in großer Zahl bewiesene Tatsache der Überlegenheit des Ginabat-Kondensators nicht erschüttern. Die Gründe für die Überlegenheit mögen in anderm liegen. Die Überlegenheit ist unbestreitbar vorhanden.

Übrigens ist es auch etwas durchaus anderes, wenn Tropfen in einem aufsteigenden Dampfstrom schweben, als wenn sie von einem abwärts gerichteten Dampfstrom von einer Wand, an der sie anhaften, mitgerissen werden sollen. Hierzu sind infolge der Adhäsion wahrscheinlich bedeutend größere Kräfte notwendig. Die Bemerkung über die Beeinträchtigung der Gesamtwirtschaftlichkeit durch die Kühlwassergeschwindigkeit ist an sich richtig, jedoch sind die Grenzen für die wirtschaftlich zulässige Geschwindigkeit heute infolge der großen Einheiten und verbesserten Pumpen-Wirkungsgrade höher einzusetzen als noch vor 10 Jahren etwa. Geschwindigkeiten von 2 m/s sind heute durchaus nichts Seltenes bei großen Kondensationsanlagen.

Daß die Rechnung des Herrn Kühne auch anders geführt werden kann, zeigt der Aufsatz „Über Oberflächen-Kondensatoren" von A. Ginabat in der Zeitschrift „Die Wärme" 1924 Nr. 48, 49, 50. [D 905]

Halle. Dr.-Ing. Heuser.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 7. NOVEMBER 1925 NR. 45

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1424.

Neuere Turbinen von F. Schichau.

Von Oberingenieur H. Korn, Elbing.

Mit mäßigen Schnelläufern und Rädergetrieben lassen sich höhere Drehzahlen der Stromerzeuger, billigere Preise und bessere Nutzleistungen, insbesondere unter 3/4 der Volleistung, erzielen. Deshalb erscheint diese Ausführung für die ersten Sätze von Niederdruck-Kraftwerken besonders beachtenswert; für die eigentlichen Hochwassersätze tritt an die Stelle der Francis-Schnelläufer der Oberschnelläufer oder die Propellerturbine. — Darstellung der Turbinen des Innwerkes und ihrer Regelung.

Großwasserturbinen mit Stirnradgetriebe.

Das Bestreben, die Umlaufzahl der angetriebenen Stromerzeuger möglichst hoch zu halten, rechtfertigt sich nicht nur durch deren billigeren Preis, sondern auch durch deren bessere elektrische Eigenschaften, insbesondere auch die geringere elektrische Trägheit. Die Turbinen mit festen Laufradschaufeln haben gemeinsam den Nachteil, daß das Gebiet höchsten Wirkungsgrades bei gleichem Gefäll um so kleiner wird, je höher die spezifische Drehzahl

$$n_s = n_1 \sqrt{N_1}$$

getrieben wird. Der allgemeinen Anwendung beweglicher Laufradschaufeln stehen aber die Erfahrungen und Bedenken gegenüber, die die allgemeine Einführung der im Betriebe verstellbaren Schraubenflügel bei Schiffsschrauben unmöglich gemacht haben. Es erscheint also das Bestreben gerechtfertigt, schnell laufende Stromerzeuger mit Turbinen zu verbinden, die ein weites Gebiet hoher Wirkungsgrade mit der gewohnten Einfachheit, die feste Laufradschaufeln bieten, vereinigen. Dann sind Übersetzungen zwischen Turbinen und Stromerzeugern unvermeidlich.

Gerade bei Niederdruckanlagen lassen sich auch mit spezifischen Turbinendrehzahlen von $n_s = 1000$ und darüber die wirtschaftlich günstigsten Dynamodrehzahlen, 1000 Uml./min bei kleineren, 750, 600 und 500 Uml./min bei großen Einheiten nicht erreichen. Dazu wäre eine Steigerung der spezifischen Drehzahl auf das 7- bis 15fache mäßiger Francis-Schnelläufer erforderlich, während schon eine solche auf das Zwei- bis Dreifache mit der Preisgabe von Vorteilen erkauft werden muß, die der Francisturbine ihren schnellen Sieg über die älteren Turbinenkonstruktionen mit erleichtert haben.

Dahin gehört in erster Linie die Anordnung des Laufrades über den gewöhnlichen Unterwasserständen, verbunden mit einer einfachen und wenig kostspieligen Anordnung der Saugschläuche. Das Bestreben, den maschinellen Teil der Turbinenanlage zu verbilligen, hat nur so weit wirtschaftlichen Zweck, als es nicht durch Mehrkosten der Betonkonstruktion, insbesondere des Auslaufes, und vermehrte Unterhaltungskosten und höhere Abschreibungen wegen verkürzter Lebensdauer in der Wirtschaftsrechnung aufgewogen wird.

Die Verbesserung der zwischen Turbine und Stromerzeuger einzuschaltenden Übersetzungen hat sich nach zwei Richtungen hin entwickelt. Auf der einen Seite wurde versucht, die von früher her üblichen Kegelradübersetzungen, die lange Zeit mit einer Übersetzung von 1 : 5 eine Zweckmäßigkeitsgrenze zu haben schienen, durch Verfeinerung der Herstellung solcher Räder bis zu höheren Übersetzungen, etwa 1 : 7, und durch Anwendung in Stahl geschnittener Räder statt der früheren Räder mit Holz-Eisen-Zähnen für die Übertragung größerer Leistungen brauchbar zu gestalten. Auf der andern Seite, und in erster Linie von F. Schichau, Elbing, wurde die Anwendung von Stirnrädern mit Übersetzungen bis 1 : 15 und darüber vorgeschlagen und nach Überwindung des anfänglichen Vorurteils in steigendem Maße zur Ausführung gebracht.

Abb. 1. Niederdruckturbine mit aufgebautem Stirnradgetriebe für 48/750 Uml./min, 1500 PS und 3,5 m Gefälle.

Abb. 1 stellt eine Niederdruckturbine für nur 3,5 m Gefäll und 1500 PS Leistung mit aufgebautem Rädergetriebe für 48/750 Uml./min dar. Das Rädergetriebe steht auf der Turbine. Die Seitenmauern des Turbinenhauses werden nicht für die Übertragung von Gewichten oder von Seitenkräften in Anspruch genommen. Darin liegt der wesentlichste Unterschied gegenüber den älteren Anordnungen mit Kegelradgetrieben, die das Gebäude meist erheblich beanspruchten. Der Stromerzeuger wird entweder auf einer besonderen, meist nicht über die ganze Gebäudebreite durchgeführten Decke oder unmittelbar auf dem Rädergetriebe aufgestellt.

Für die Konstruktion und Ausführung solcher Rädergetriebe bis zu den größten, über die Beförderungsmöglich-

Abb. 2. Wirkungsgrade von Turbinen mittlerer Schnelläufigkeit von Schnelläufern ohne und mit Rädergetriebe und von Oberschnelläufern ohne Rädergetriebe.

a $n_s = 650$ (nach Staufer Z. Bd. 69 (1925) S. 415) *b* $n_s = 300$ (Schichau)
c $n_s = 300 \cdot 15 = 4500$ (Schichau) *d* $n_s = 800$ (nach Schweiz. Bauz. Bd. 85 (1925) S. 57)
e $n_s = 225$ (Schichau) *f* $n_s = 428$ (Schichau, Anlage Jannowitz) *g* $n_s = 5340$ (Schichau, mit Rädergetriebe) *h* $n_s = 160$ (Wasserkr. Bd. 20 (1925) S. 209) *i* $n_s = 548$ (Kaplan, Wasserkr. Bd. 20 (1925) S. 235) *k* $n_s = 560$ (Wasserkr. Bd. 20 (1925) S. 209).

keiten auf der Eisenbahn weit hinausgehenden Abmessungen waren bei der Firma Schichau schon reiche Erfahrungen aus der Ausführung von Rädergetrieben[1]) für Schiffszwecke mit fast 1,5 Mill. PS Leistungsübertragung vorhanden, und es bedurfte nur noch der besonderen Anpassung dieser Konstruktion an den Turbinenbetrieb, insbesondere für die Ausführung mit stehenden Wellen. Der in diesen Getrieben auftretende, geringe Verlust von nur 3 bis 2 vH der Konstruktionsleistung wird durch höhere mittlere Wirkungsgrade der Laufräder und der Stromerzeuger mehr als ausgeglichen.

Abb. 2 stellt Wirkungsgrade von Turbinenbauarten verschiedener Schnelläufigkeit mit festen Laufradschaufeln, aufgetragen über der Leistung bei 1 m Gefälle, dar. Diese Wirkungsgrade sind teils der Literatur, teils eigenen Versuchen entnommen. Für eine Turbine mit $n_s = 300$ ist neben ihrem eigenen Wirkungsgrad noch der Wirkungsgrad einschließlich eines Stahlstirnräder-Getriebes mit Übersetzung 1 : 15 aufgetragen. Die in Vergleich gestellte spezifische Schnelläufigkeit des Stromerzeugers beträgt also in der Kurve *c* $300 \cdot 15 = 4500$.

Eine derartige Schnelläufigkeit des Stromerzeugers ist bei unmittelbarem Antrieb durch eine Oberschnelläufer-Turbine nicht erreichbar. Wird im allgemeinen für die Regelung nur ein Gebiet von 95 bis 70 vH der Höchstleistung in Anspruch genommen, so wird von Fall zu Fall zu erwägen sein, welche Anordnung den Vorzug verdient. Die obere Grenze mußte mit 95 vH angesetzt werden, damit die Regelfähigkeit gegenüber Belastungsstößen des Netzes erhalten bleibt. Sie ist mit 5 vH ohnehin schon zugunsten einer Oberschnelläufer-Turbine klein angesetzt worden. Derartig günstige Verhältnisse werden sich aber nur für die vierten, fünften usw. Sätze einer Turbinenanlage ergeben; für die ersten drei Sätze wird in der Regel ein Gebiet höchster Wirkungsgrade aus wirtschaftlichen Gründen gefordert werden müssen, wie es die Turbine mit $n_s = 300$ zeigt, d. h. bis herab zu 45 vH der Volleistung wird man an der Stromerzeugerwelle mehr als 70 vH der theoretischen Leistung des Wassers als übertragene Leistung fordern.

Dabei wird aber noch zu berücksichtigen sein, daß die Angebote für Stromerzeuger und auch ihre Abnahmeprüfungen im Mittel zum größten Teil zeigen, daß die Wirkungsgrade der Stromerzeuger von 1000 bis 500 Uml./min um 2 bis 4 vH über den vergleichsweise in Frage kommenden von 250 bis 68 Uml./min liegen, so daß der Verlust im Rädergetriebe durch höheren Wirkungsgrad des Stromerzeugers ausgeglichen wird und noch ein kleiner Überschuß bleibt.

Aber auch bezüglich der Regelfähigkeit geben die Oberschnelläufer zu Vorsicht Veranlassung. Es ist unschwer zu erkennen, daß bei den hohen absoluten und relativen Austrittgeschwindigkeiten der Oberschnelläufer und bei den sonst üblichen kurzen Reglerschlußzeiten und nicht ganz vorsichtig niedrig gewähltem Sauggefälle bei Entlastung, also bei Schließen des Leitrades, infolge der Massenwirkung des in dem verhältnismäßig langen Saugschlauche zu verzögernden Wassers Unterdrücke entstehen, die nicht nur den augenblicklichen Regelvorgang stören, sondern unter Umständen den Gang der Turbinen auf Minuten hinaus ungünstig beeinflussen können. Die mit einem Stromerzeuger noch

Abb. 6. Gesamtansicht der Maschinenhalle des Wasserkraftwerkes Töging am Inn.

[1]) Vergl. „Maschinenbau" Bd. 3 (1923/24) Nr. 7 S. 159.

Abb. 3. Allgemeine Anordnung einer stehenden Turbine. M. rd. 1 : 100.

a Stromerzeuger
b Warmluftkanal
c Reglerantrieb
d Getriebe
e Einsteigschacht
f Oelbehälter
g Reglerwelle.

Abb. 4. Stirnrädergetriebe. M. rd. 1 : 40.

höherer Schnelläufigkeit durch Stirnrädergetriebe gekuppelte Normalläufer- oder mäßige Schnellläuferturbine ist infolge ihres wesentlich geringeren Austrittverlustes von derartigen Schwierigkeiten frei.

Auf Grund dieser Erwägungen darf angenommen werden, daß die mit Stahlstirnräder-Getriebe verbundene Turbine mäßiger Schnelläufigkeit berufen sein wird, im Ausbau unsrer Niederdruckwasserkräfte eine wichtige Stellung einzunehmen. Als sogenannte Hochwasserturbinen werden daneben, ebenfalls mit Räderantrieben versehen, Propellerturbinen steigende Anwendung finden. Die allgemeine Anordnung stehender Turbinen und ihre neuen Rädergetriebe dürften deshalb recht bemerkenswert sein, Abb. 3 bis 5.

Einrad-Stirnkesselturbinen und Regler des Innwerkes[1]).

Im nachfolgenden soll noch die Turbinenanlage des Innwerkes, Töging am Inn, Abb. 6, die eine Reihe bemerkenswerter Eigenheiten zeigt, besprochen werden.

Für das Innwerk waren 15 Hauptturbinen für 31,5 m mittleres, 34 m höchstes und 29 m kleinstes Gefäll und eine Erregerturbine zu liefern, von denen zunächst sieben Hauptturbinen mit 150 Uml./min Gleichstromerzeuger und acht mit 214 Uml./min Drehstromerzeuger auf ihren Wellen tragen und treiben sollten. Bedingung war, daß zur Umwandlung weiterer Sätze für Drehstrom oder Gleichstrom nur eine Auswechslung der Laufräder und Leiträder erforderlich sein dürfe. Es sei gleich erwähnt, daß die Firma Schichau, Elbing, eine Auswechslung der Leiträder durch geeignete konstruktive Maßnahmen entbehrlich machte, so daß für die Umwandlung nur

Abb. 5. Schnitt durch die Turbine. M. rd. 1 : 40.

[1]) vergl. a. S. 1409.

die Laufräder auszuwechseln sind. Die gewährleistete Leistung der Maschinensätze sollte bei 31,5 m Gefäll und 28,3 m³/s Wassermenge je 9630 PS betragen, die Höchstleistung bei 34 m Gefäll also 10 600 PS.

Die Turbinen sind als Einrad-Stirnkesselturbinen mit Flachkrümmer ausgeführt, Abb. 7 bis 11. Die Turbinenwelle aus Nickelstahl mit 670 mm Dmr. im Stromerzeuger trägt an dem einen freien Ende mittels eines angeschmiedeten Flansches das Laufrad der Turbine, zwischen den Lagern den Gleichstrom- bzw. Drehstromerzeuger und am andern freien Wellenende bei den Drehstromsätzen die Erregermaschine.

Der von mir seit 1902 in geeigneten Fällen wiederholt benutzte Flachkrümmer fällt auf durch die geringe Entwicklung in der Achsrichtung und die starke Erweiterung über den Laufraddurchmesser hinaus in der Radialebene. Er vermeidet die Schwierigkeiten der Wasserführung, die beim Übergang vom runden zum eckigen Saugkrümmerquerschnitt auf verhältnismäßig kurzer Strecke unvermeidlich sind. In solchen, mit rundem Querschnitt beginnenden Krümmern hat man durch Einbau von Leitblechen die Strömung geordnet zu erhalten gesucht. Auf diese Hilfsmittel konnte bei der Anwendung des Flachkrümmers verzichtet werden. Unter Mitwirkung der Sachverständigen des Innwerkes ausgeführte Modellversuche mit Rund- und Flachkrümmer haben zur Wahl des Flachkrümmers geführt.

Abb. 9.

Abb. 7 bis 11. Einrad-Stirnkesselturbine mit Flachkrümmer.

Durch diese Versuche mit einer Modellturbine von einem Viertel der linearen Größe der Hauptturbinen waren nicht allein Eignung und Güteverhälnis des Flachkrümmers im Vergleich zum Rundkrümmer festzustellen, sondern auch die Wirkungsgrade der Laufräder, insbesondere mit dem von Schichau vorgeschlagenen Einheitsleitrad. Weitere Untersuchungen galten der Zulässigkeit und dem Einfluß der vorgesehenen Saughöhe und den Regelverhältnissen.

Die erforderliche gute Lüftung der Gleichstrommaschinen erschwerte die Anordnung größerer Schwungmassen, so daß in natürlicher Weise nur ein Schwungmoment $GD^2 = 304$ tm² in den Gleichstromsätzen unterzubringen war. Daraus berechnet sich eine Anlaufzeit der Turbine von nur 2,36 s, also von ganz ungewöhnlicher Kürze. Die Anlaufzeit der Rohrleitungen liegt zwischen 0,55 und 0,65 s, hat also die Neigung, zur Anlaufzeit der Turbine eine Oberschwingung zu bilden. Bereits in der Versuchsanstalt wurden unter diesen schwierigen und noch schwereren Bedingungen durchaus befriedigende Ergebnisse erzielt.

Abb. 11. Servomotor.

Abb. 12 zeigt ein in der Versuchsanstalt aufgenommenes Tachogramm mit einer Anlaufzeit von der 2,2fachen Schlußzeit und nur 1 vH dauernder Drehzahländerung, Abb. 13 ein in der Versuchsanstalt aufgenommenes Tachogramm mit einer Anlaufzeit von 1,4facher Schlußzeit. Abb. 14 bis 16 geben im Betrieb aufgenommene Tachogramme wieder bei Entlastung von 1500, 2900 und 5290 kW auf null.

Die Drehstromsätze haben ein GD^2 von 409 tm², entsprechend einer Anlaufzeit der Turbine von 6,4 s. Abb. 17 zeigt das Tachogramm einer Entlastung von 1850 auf 650 kW, Abb. 18 das einer Entlastung von 6000 kW auf null.

Die Regler stellen insofern eine von der sonstigen Übung abweichende Ausführungsart dar, als Pendel und Steuerungsorgane in einem Gehäuse angeordnet sind, worin sie, in der vollkommensten Weise mit Drucköl geschmiert, doch jederzeit beim Aufheben des Deckels vollständig übersehbar sind. Besonders gekennzeichnet sind die Regler durch die Rückführung nach DRP 310 847 u. a., deren besondere Wirkungsweise durch die Tachogramme, Abb. 12 und 16, recht scharf gekennzeichnet wird. Der Servomotorzylinder ist unten an die Turbine angebaut, und die Steuerkraft wird, wie aus Abb. 19 ersichtlich, symmetrisch auf die Regelringe übertragen.

Abb. 19. Einrad-Stirnkesselturbine für das Innwerk Töging in der Werkstatt.

a Antrieb für Reglerpumpe *b* Antrieb für Reglerpendel
c Isolierschicht.

M. rd. 1 : 100.

Abb. 7.

Abb. 8.

Abb. 10. Schnitt durch die Turbine. M. rd. 1 : 20.

Die Turbinengehäuse von 5500 mm innerem Durchmesser waren in der Ausschreibung aus Blech genietet vorgesehen. Auf Vorschlag der Firma Schichau, die in der Lage ist, derartige Stücke in eigener Stahlgießerei herzustellen, wurde mit Rücksicht auf die größere Widerstandfähigkeit nachträglich die Ausführung in Stahlguß vereinbart.

Die Hauptteile konnten nur mittels Sonderwagen der Firma auf der Eisenbahn befördert werden. Abb. 20 stellt einen Transport mit vier Wagen dar, der eben im Begriff ist, das Werk zu verlassen.

Von der Anlage am Trollhättan unterscheidet sich also die vorliegende Anlage dadurch, daß die gleiche Leistung in nur einem, auf freiem Wellenende sitzenden Laufrade gewonnen wird. Der ganze Maschinensatz hat nur zwei Hauptlager, die nebst der Grundplatte zur Turbinenlieferung gehören. Der Achsschub wird durch ein Einscheibendrucklager gleicher Konstruktion, wie es sich bei der Firma Schichau zur Aufnahme von Schüben von Schiffsschrauben bewährt hat, aufgenommen.

Der Inn führt zeitweise erhebliche Mengen scharfen Sandes, von dem ein Verschleiß der der Strömung ausgesetzten Flächen erwartet werden muß. Deshalb wurden die Leiträder mit auswechselbaren Hartguß-

Abb. 12 und 13 in der Versuchsanstalt, Abb. 14 bis 18 im Betrieb aufgenommene Tachogramme.

Abb. 12. Plötzliche Entlastung um 84 vH.
Schlußzeit: $T_s = 2{,}2$ s;
Anlaufzeit der Maschine: $T_a = 4{,}9$ s;
„ „ Rohrleitung $T_l = 0{,}8$ s.

Abb. 13. Plötzliche Entlastung um 83,5 vH.
$T_s = 1{,}3$ s; $T_a = 1{,}8$ s; $T_l = 0{,}8$ s.

Abb. 14. Gleichstromturbine, plötzliche Entlastung von 1500 auf 0 kW.
$T_s = 2{,}2$ s; $T_a = 2{,}36$ s; $T_l = 0{,}65$ s.

Abb. 15. Gleichstromturbine, plötzliche Entlastung von 2900 auf 0 kW.
$T_s = 2{,}2$ s; $T_a = 2{,}36$ s; $T_l = 0{,}65$ s.

Abb. 16. Gleichstromturbine, $n = 150$ Uml./min, plötzliche Entlastung von 5290 auf 0 kW.
$T_s = 2{,}2$ s; $T_a = 2{,}36$ s; $T_l = 0{,}65$ s

Abb. 17. Drehstromturbine, plötzliche Entlastung von 1850 auf 650 kW.
$T_s = 2{,}2$ s; $T_a = 6{,}4$ s; $T_l = 0{,}65$ s.

Abb. 20. Beförderung der Turbinengehäuse auf Sonderwagen.

Abb. 18. Drehstromturbine, plötzliche Entlastung von 6000 auf 0 kW; $n = 214$ Uml./min.
$T_s = 2{,}2$ s; $T_a = 6{,}4$ s; $T_l = 0{,}65$ s.

Schutzplatten ausgerüstet und die aus Flußstahl bestehenden Leitschaufeln an den dem Angriff besonders ausgesetzten Flächen vergütet oder gehärtet.

Die Erregerturbine von 500 PS Leistung stellt eine Ausführung in einem Viertel der linearen Größe der Hauptturbine dar und diente auch zu den bereits erwähnten Versuchen.

Die Versuchsanstalt von F. Schichau[1]) ist mit der eigenen Wasserkraftanlage an der Passarge-Talsperre verbunden und verfügt über ein Gefälle von 11,1 m, kann also Versuche bis zu den höchsten zulässigen Saughöhen ausführen. Über die wissenschaftlichen Ergebnisse der Saugrohrversuche würde besonders zu berichten sein. [B 454]

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 330.

Wirtschaftliche Ausnutzung von Niederdruckwasserkräften.

Die Zahl der großen, leistungsfähigen Wasserkräfte ist klein gegenüber der von niedrigen Staustufen der Flachlandflüsse, die wegen ihrer geringen Leistung zunächst wenig ausbauwürdig erscheinen. Ein recht gutes Beispiel dafür, wie sich hier trotzdem erhebliche Energiemengen auf wirtschaftliche Weise gewinnen lassen, bietet ein neues amerikanisches Niederdruck-Wasserkraftwerk am Rock River in Dixon, Illinois.

Mit fünf 800 kVA Stromerzeugern ist es ein bemerkenswertes Wasserkraftwerk, da es nur mit einem Gefälle von wenig über 2 m arbeitet. Die ungewöhnlich großen Wassermengen, die dabei verarbeitet werden, ergeben trotzdem beachtliche Leistungen des Wasserkraft-Maschinenbaues. Die mittlere Jahresleistung des Werkes wird auf 13 350 000 kWh veranschlagt. Die gesamte Anlage wird durch zwei Mann bedient, einen Schaltwärter und einen Maschinisten. Die mittlere Wassermenge beträgt 160 m³/s.

Infolge des außerordentlich geringen Gefälles des Flusses wird durch den Stau von 2,5 m ein Stausee von fast 15 km Länge gebildet. Die ungünstigen örtlichen Verhältnisse zwangen zu einer eigenartigen Anordnung der Turbinen, wobei das Wasser schräg zu der Turbine einströmt und die Achse der (senkrechten) Turbine nicht in der Mittellinie des Einströmkanals liegt. Die Saugrohre sind indessen symmetrisch ausgebildet und bestehen aus Stahlblech mit einem inneren Betonkegel, der in eine gußeiserne Kappe unter dem Laufrad ausläuft. Das Saugrohr hat die bekannte Moody-Form. Die Flügelradturbinen mit Betongehäuse laufen mit 80 Uml./min und erzeugen 280 PS bei 1,2 m ($n_s = 1065$), 925 PS bei 2,7 m Gefälle ($n_s = 700$), bei 68,5 und 90 vH gewährleistetem Wirkungsgrad. Die Erregung erfolgt durch zwei Umformer von je 150 kW. Außerdem dient ein 5 kW-Gleichstromerzeuger mit Wasserturbinenantrieb zum Anlassen ohne Netz. Wasserstrahl-Luftsauger entlüften die Einströmkanäle, deren Decke höher liegt als der Stausee. („Power" Bd. 62 (1925) S. 2.) [N 803] Günther.

Schwedische Verbrennungskraftmaschinen.

Von Professor E. Hubendick, Stockholm.

Beschreibung der gegenwärtig in Schweden verwendeten Verbrennungsmotoren. Angaben über Abmessungen, Arbeitsweise, Leistungen und Kennlinien bei Außenbordmotoren, Vergaser-, Glühkopf-, Zündkammer- und Dieselmotoren.

Die hier beschriebenen Maschinen können in folgende Gruppen eingeteilt werden: Außenbordmotoren, Vergasermotoren für Kraftwagen- und Bootzwecke, Glühkopfmotoren, Vorzündkammermotoren und Dieselmotoren mit und ohne Verdichter. Die Beschreibung wird besonders auf die Neuerungen eingehen, die auf diesen Gebieten zu verzeichnen sind.

Außenbordmotoren.

Von Außenbordmotoren mögen hier zwei neuere Bauarten erwähnt werden.

Der Bau von solchen Motoren in Schweden hat ursprünglich an die amerikanische Maschine „Ewinrude" angeknüpft. Die technischen Änderungen sind aber recht bedeutend. Eine Maschine, die jedoch mit der Ursprungmaschine in großen Zügen übereinstimmt, ist die von Luth & Rosens Elektriska Aktiebolag, Stockholm, hergestellte „Svalan", Abb. 1. In Einzelheiten sind aber verschiedene Neuerungen und Verbesserungen eingeführt. Die Bauart des Motors ist aus Abb. 2 ersichtlich. Die Konstruktionszahlen der im Zweitakt arbeitenden Maschine sind: Zylinderdurchmesser 75 mm, Hub 62 mm, Drehzahl 1000 Uml./min und Gewicht 38 kg. Eine allgemeine Beschreibung dieser Bauart scheint nicht nötig zu sein. Besonders zu erwähnen ist nur die magnetelektrische Zündung nebst der Umsteuer- und Lenkvorrichtung. Die letztgenannte ist so eingerichtet, daß an der lotrechten Schraubenwellenhülse ein Kettenrad angebracht ist, das durch die Kette in Verbindung mit einem anderen durch Hebel drehbaren Kettenrad von doppeltem Durchmesser steht. Durch die Drehung des Hebels wird sowohl Fahrtrichtung als auch Fahrtsinn eingestellt.

Ganz anders ist der von der A.-B. „Archimedes", Sundyberg, hergestellte Motor ausgeführt. Er ist mit zwei einander gegenüberliegenden Arbeitzylindern ausgerüstet, die an einen gemeinsamen Kurbelkasten angeschlossen sind, Abb. 3 und 4. Dieser ist als Ladepumpe für die im Zweitakt arbeitenden Arbeitzylinder ausgebildet. Zum Ausgleich der freien Kräfte sind die beiden Arbeitskolben an um 180° versetzte Kurbelzapfen angeschlossen. Weil die Kolben sich auf diese Weise entgegengesetzt verschieben, verlaufen Zündung, Auspuff und Ladung gleichzeitig in den beiden Zylindern. Die beiden Kolben verkleinern gleichzeitig den Inhalt des Kurbelkastens und verdichten die Ladung. Auch werden gleichzeitig die Einlaßkanäle zwischen dem gemeinsamen Kurbelkastengehäuse und den beiden Arbeitzylindern geöffnet, so daß die vorverdichtete Ladung mit etwa gleichen Teilen in jeden Zylinder übertreten kann. Dieser Vorgang wird deutlich aus Abb. 4 ersichtlich, wo die Kanäle zu sehen sind. Abb. 5 zeigt den Schnitt durch die lotrechte Welle und das Schraubenwechselgehäuse. Unter dem Schwungrad ist der magnetelektrische Zündapparat angebracht.

Die Maschinen werden in zwei Größen ausgeführt, einer kleineren mit 50 mm Zylinderdurchmesser und 50 mm Hub, die 33,5 kg wiegt, und einer größeren mit 60 mm Zylinderdurchmesser und 65 mm Hub bei 51 kg Gewicht. Die Maschine ist auch mit einem neuen Schalldämpfer aus Aluminiumguß ausgerüstet, Abb. 6. Die Auspuffgase strömen durch einen schmalen Spalt in ein zylindrisches Gefäß, wo sie eine Kreisbewegung erhalten, um dann in der Mitte das Gefäß zu verlassen.

Auch der „Penta"-Außenbordmotor, der von den Pentawerken, A.-B., Skövde, ausgeführt wird, ist ein zweizylindriger Zweitaktmotor. Die Zylinder sind aber übereinander gelegt, und die Kurbelzapfen sind um 180° versetzt, wodurch zwei Arbeitsimpulse für jede Umdrehung entstehen. Die Maschine kann infolgedessen leicht angelassen werden; auch ein guter Ausgleich der Massen wird erreicht. Die Hauptzahlen der Maschine betragen: Zylinderdurchmesser 54 mm, Hub 60 mm bei 1200 bis 1400 Umläufen in der Minute und 39 kg Gewicht. Zurzeit können eingehende Mitteilungen über die bauliche Gestaltung der Maschine nicht gemacht werden. Ein paar Einzelheiten sind aber doch zu entnehmen. Die senkrechte Stellung der Kurbelwelle bei Außenbordmotoren gibt Anlaß, daß es immer Schwierigkeiten macht, das oberste

Abb. 2. Schnitt durch den Außenbordmotor „Svalan".

Abb. 1. Außenbordmotor „Svalan", erbaut von Luth & Rosens Aktiebolag, Stockholm.

Kurbelwellenlager zuverlässig zu schmieren. Deshalb kommen oft Motoren vor mit einem besonderen Öltopf für dieses Lager, was nicht angenehm ist, da die Maschine sonst durch Mischen des Schmieröls mit dem Treibmittel geschmiert wird. Die Ursache der angegebenen Unannehmlichkeit ist selbstverständlich darin zu suchen, daß sich das dem Treibmittel folgende Schmieröl hauptsächlich in den unteren Teilen des Kurbelgehäuses ansammelt. Beim „Penta"-Motor ist eine selbsttätige Schmiervorrichtung angebracht, die das obere Lager mit Schmieröl versieht. Das im untern Teil des Kurbelgehäuses angesammelte Schmiermittel fließt bei *a*, Abb. 7, in ein Rohr das bei *b* an das hochliegende Lager anschließt. Durch den Überdruck im unteren Kurbelkasten wird das Öl hochgedrückt, während gleichzeitig im oberen Kurbelkasten Unterdruck herrscht und das Rohr sich durch eine Bohrung in der Welle entleeren läßt. Diese Bohrung wirkt gleichzeitig als Drehschieber, der das Rohr abschließt, solange im oberen Kurbelgehäuse Über- und im unteren Unterdruck herrscht. Das Öl kann deshalb nicht zurückgedrückt werden. Als Kühlpumpe ist in das Gehäuse des Schrauben-Umsteuergetriebes eine Zahnradpumpe eingebaut. Hierdurch werden Ventile in der Pumpe entbehrlich, das Getriebegehäuse wird kleiner und hat geringeren Wasserwiderstand. Schließlich ist es möglich, es gut wasserdicht zu halten.

Eine neue, sehr bemerkenswerte Bauart ist die von Arvid Lind, Stockholm, hergestellte Maschine, „Ali" genannt. Schon die äußeren Formen dieses Motors weichen vollständig von denen anderer Maschinen ab. Er arbeitet im Zweitakt und wird mit mehreren senkrecht stehenden Arbeitzylindern ausgeführt, die rings um die Welle verlegt sind. Auch mehrere Ladepumpen sind vorhanden. Sämtliche Zylinder haben einen Durchmesser von 45 mm und einen Hub von 44 mm. Die Umlaufzahl des Motors beträgt 1400 in der Minute. Das Verdichtungsverhältnis beläuft sich auf 6 und die Leistung auf 4 PS.

Abb. 8 zeigt einen Schnitt durch die Zylinder dieses Motors. An jeder Seite der Welle sitzen zwei Arbeitzylin-

Abb. 3 und **4**. Senkrechter und wagerechter Schnitt durch die Zylinder.

Abb. 5. Schnitt durch die senkrechte Welle und das Umsteuergetriebe.

Abb. 3 bis **5**. Außenbordmotor „Archimedes", erbaut von der A.-B. „Archimedes", Sundyberg.

Abb. 6. Schalldämpfer aus Aluminiumguß am Außenbordmotor „Archimedes“.

Abb. 7. Kurbelgehäuse des „Penta“-Außenbordmotors.

a Schmiermitteleintritt in ein Rohr das bei *b* an das hochliegende Lager anschließt.

Abb. 10. Kugellageranordnung am „Ali“-Motor zur Übertragung der geradlinigen Bewegung des Kolbens in die umlaufende der Welle.

der (nach oben) und zwei Ladepumpen (nach unten). In einem solchen Satz von Arbeits- und Ladezylindern sind für beide Zylinder gemeinsame Kolben angeordnet, Abb. 9.

Die geradlinige Bewegung des Kolbens wird mit Hilfe einer Kugellageranordnung in eine umlaufende der Welle verwandelt. Auf der Welle, Abb. 8 und 10, ist ein Kugellager angebracht, dessen Achse mit der Wellenachse im Winkel steht. Der Außenring des Kugellagers ist durch vier Arme mit einem jeden der vier Kolben verbunden. Die Arme sind mit kugelförmigen Zapfen versehen, die in Gleitschuhen lagern. Diese bilden mit den Zapfen Kreuzköpfe, die in Geradführungen in den Kolben gleiten. Damit das Armkreuz sich nicht verdreht, sind würfelförmige Zapfen angebracht, Abb. 9 und 10, die in Geradführungen im Maschinenrahmen gleiten.

Der Querschnitt über dem Kugellager, Abb. 11, zeigt diese Gleitkörper und Geradführungen. Aus Abb. 8, 10 und 11 sind auch kleine, an den Kolben angebrachte Geradführungen ersichtlich, die eine Drehung der Kolben verhindern.

Abb. 12 ist ein Längsschnitt durch den Motor zwischen zwei Zylinderpaaren. Rechts sieht man den Vergaser; durch dessen Ventil werden Luft und Benzin eingesogen, die dann in einen Raum gelangen, der einen Ringraum um die Welle bildet. Auch in Abb. 13, Ansicht von unten,

a Rundschieber.

Abb. 8. Außenbordmotor „Ali“, hergestellt von Arvid Lind, Stockholm: Schnitt durch den Zylinder.

Abb. 9. Kolbensatz des Außenbordmotors „Ali“. Drei Kolben, aus den Ladepumpen herausragend. In der Mitte Kurbelwelle. Unten rechts Vergaser, links Anlaß- und Manövrierhebel.

ist der Vergaser zu sehen. In der Bohrung dreht sich ein kegeliger Rundschieber, der auf der Welle befestigt ist, Abb. 8, 10, 12, 13 und 15. Der Ringraum, Abb. 8, steht durch Schlitze in der Wand mittels des Schiebers in Verbindung mit den Ladepumpen, und diese wieder mittels desselben Schiebers mit dem Raum, in dem das Wellenlager

Abb. 13 bis 15. Vergaser des „Ali"-Motors, von unten gesehen, nebst Rundschieber und Teller.

Abb. 14. Teller.

Abb. 15. Rundschieber.

Abb. 12. Längsschnitt durch den „Ali"-Motor zwischen zwei Zylinderpaaren.

Abb. 24 und 25. Aufhängevorrichtung des „Ali"-Außenbordmotors.

liegt. Die Schlitze des Ringraumes zeigt Abb. 13 in der kegeligen Bohrung vorn. Die Schlitze, die zu den Ladepumpen führen, liegen dahinter. Der Rundschieber, Abb. 15, zeigt bei *a* in Abb. 8 an der rechten Seite einen Kanal, durch den das Brennstoffgemisch zur Ladepumpe gelangt, und nach links einen Kanal, durch den das verdichtete Gemisch von den Ladepumpen zum Zylinder strömt. Der Schieber setzt deshalb die Ladepumpen wechselweise in

Abb. 11. Querschnitt über dem Kugellager des „Ali"-Außenbordmotors.

Abb. 16. Querschnitt durch die Überström- und Auspuffschlitze des „Ali"-Motors.

Verbindung mit dem Vergaser und mit dem Zylinder bzw. Aufnehmer. Der Teller in Abb. 14 hält den Schieber an seinem Platz.

In der Kolbenstellung in Abb. 8 nimmt der linke Kolben seine äußere Stellung ein, derart, daß er im Arbeitzylinder außen und in der Ladepumpe innen steht. Die Ladepumpe hat eben eine Ladung in den Aufnehmer gedrückt. Bei dem Arbeitzylinder ist der Auspuffschlitz geöffnet, und die Auspuffgase sind einem oberen Ringraum zugeströmt. Ebenso ist der Überströmkanal geöffnet, und die neue Ladung strömt vom Aufnehmer in den Arbeitzylinder ein. Der Querschnitt, Abb. 16, zeigt Auspuff- und Überströmkanäle ebenso wie den ringförmigen Abgasraum oder Schalldämpfer. Das Abgasrohr des Schalldämpfers ist in Abb. 12 zu sehen. Der Kolben der Ladepumpe, der eben seinen Saughub beginnen soll, Abb. 8, steht durch den Rundschieber in Verbindung mit dem Einsaug-Ringraum.

Der rechte Kolben in Abb. 8 steht im Arbeitszylinder innen, wo die Zündung eben eingetreten ist, und in der Ladepumpe außen, im Begriff, den Verdichtungshub zu beginnen, und der Zylinder ist durch den Rundschieber mit dem Aufnehmer verbunden.

Die Zündung erfolgt mittels Magnetes, der durch Zahnräder angetrieben wird. Die Zündspannung wird mittels Kabels an ein Kohlenbürstchen geführt; dies gleitet an einer Metallschiene auf dem isolierten Verteiler, der am oberen Ende der Welle befestigt ist. Von der Ringschiene aus wird nach Abb. 8 die Zündspannung an die vier Zündkerzen verteilt durch Kohlenbürstchen, die an dem umlaufenden Verteiler gleiten.

Gleich unter dem Zahnrad, durch das die Zündmagnete getrieben werden, ist auf der Welle noch ein Zahnrad zum

Abb. 17 bis 20. Anlaßvorrichtung des „Ali"-Außenbordmotors.

Abb. 23. Kühlpumpe.

Abb. 21. Lenk- und Umsteuervorrichtung des „Ali"-Außenbordmotors.

Abb. 22. Wellenübertragung beim „Ali"-Außenbordmotor.

Anlassen der Maschine angebracht. Dieses Zahnrad ist in Abb. 10 über dem Schwungrad sichtbar. Das Schwungrad ist im Maschinengehäuse eingebaut. Der Motor wird mit Hilfe des Lenkhebels, Abb. 17 bis 20, angelassen. Der Lenkhebel ist an einem Gehäuse angebracht, das in der lotrechten Ebene drehbar ist. Dieses Gehäuse trägt ein kegeliges Zahnsegment, das in ein anderes Zahnsegment auf einem Doppelhebel eingreift. Der Doppelhebel ist in der wagerechten Ebene drehbar. Er trägt am andern Ende ein zylindrisches Zahnsegment, das um einen Zapfen drehbar ist, aber von einer Schraubenfeder in bestimmter Lage gehalten wird. Wird jetzt der Handgriff des Lenkhebels hochgehoben, Abb. 19, und dreht sich das Gehäuse, so wird auch der Doppelhebel, Abb. 20, gedreht. Dabei gleitet das zylindrische Segment gegenüber dem Zahnrad auf der Welle, indem es infolge der Federkraft ausweicht. Wird jetzt der Handgriff des Lenkhebels kräftig nach unten gedrückt, so greift das Zahnsegment in das Zahnrad auf der Welle ein, dreht die Welle und wirft die Maschine an.

Die Hülse, an der das Schwungrad befestigt ist, treibt über ein Gelenk, Abb. 8, eine lotrechte Welle, die zum Wechselgetriebegehäuse führt. Diese Welle ist in einem mit diesem Gehäuse fest verbundenen Rohr verlegt. An dessen oberem Teil innen im Maschinengehäuse ist ein Zahnrad angebracht, Abb. 12, in das eine Zahnstange, Abb. 21, eingreift, die mit dem Lenkhebel in Verbindung steht. Bei Drehung des Lenkhebels wird auch das Getriebegehäuse mit Schraube und Steuerruder verdreht und das Boot gelenkt. Mit dem Lenkhebel wird die Fahrtrichtung auch umgesteuert. In Abb. 21 steht die Schraube auf Vorwärtsfahrt. Soll zum Beispiel von Rückwärts- auf Vorwärtsfahrt umgesteuert werden, so wird am Handgriff des Lenkhebels gezogen, wodurch eine Sperre in der Nabe des Hebels ausgelöst und das Getriebegehäuse wegen des infolge der Bootsbewegung an der Welle auftretenden Drehmoments gedreht wird. Wird am Handgriff nachgelassen, so greift die Sperre wieder in die Bohrung für Vorwärtsfahrt. Dann wird das Boot in gewöhnlicher Weise gelenkt. Um beim Vorwärtsfahren das Drehmoment zu verkleinern, stützt sich eine Schraubenfeder mittels einer Hülse gegen die Zahnstange, Abb. 21. Diese stellt sich derart ein, daß das Boot bei freier Lenkstange geradeaus läuft.

Abb. 22 zeigt die Übertragung und das Außenrohr bis zum Getriebegehäuse. Auf der Schraubenwelle ist eine Kühlpumpe, Abb. 23, angebracht. Das Wasser wird zwischen der lotrechten Welle und dem Schutzrohr bis zu deren Oberteil gedrückt, Abb. 22. Von hier wird durch einen kegeligen Rundschieber das Wasser durch ein Rohr zum Wassermantel des Arbeitzylinders geleitet, Abb. 12. Es wird durch das Gasauslaßrohr abgelassen.

Das Außenrohr der lotrechten Welle ist derart eingerichtet, daß deren Länge durch Einsatzstücke verändert werden kann.

Am Boot wird der ganze Motor mittels einer Aufhängevorrichtung in bekannter Weise festgehalten, Abb. 24 und 25. [B 475] (Forts. folgt.)

Steuerung mit Abdampfdruck-Regelung für Kleindampfturbinen.

Eine konstruktiv äußerst einfache Lösung einer Leistungsregelung für Kleindampfturbinen, die jeweils nur so viel Abdampf von gleichbleibender Spannung liefern sollen, wie gerade gebraucht wird, verwendet die Firma Kuhnert-Turbowerke A.-G., Meißen i. Sa., beim Anschluß von Turbodynamos an ein Drehstromnetz, dessen Leistung größer ist als die des in Rede stehenden Maschinensatzes. Die Ausführung dieser Steuerung zeigt Abb. 1.

Abb. 1. Steuerung mit Abdampfregelung für Kleindampfturbinen.

h Handrad *k* Kolben *m* Membran *p*, p_1 Gelenkmittelpunkte *r* Druckraum mit Membran-Sicherungsventil.

Sieht man zunächst den Punkt *p* als Festpunkt an, so erhält man eine Ausführung nach Art einer Druckölsteuerung mit Drehzahlverstellung. Zum besseren Verständnis sei erwähnt, daß der Regler mit großem Ungleichförmigkeitsgrad sowie großem Muffenhub ausgeführt und die Übersetzung vom Regler zum Regelventil so gewählt ist, daß der größte Hub des Regelventiles nur einem Teil des gesamten Muffenhubes des Reglers entspricht. Mittels des Handrades *h* können jeder Ventilstellung verschiedene Muffenstellungen zugeordnet werden, wodurch eine zum Parallelschalten ausreichend große Drehzahlverstellung erzielt wird.

Nach erfolgtem Parallelschalten wird Punkt p_1 zum Festpunkt. Durch Schaltung von Hand aus (Öffnen einer eingebauten Absperrvorrichtung) wird nun dem Abdampf der Turbine der Weg zur Membran *m* freigegeben und damit die Bewegung des Regelventiles in Abhängigkeit vom Abdampfdruck und somit auch von der Abdampfmenge gebracht. Durch Verstellen des Kolbens *k* kann der Abdampfdruck auf die gewünschte Höhe eingestellt werden. Ein Durchgehen der Turbine bei plötzlicher Unterbrechung der Verbindung des Stromerzeugers mit dem bestehenden Drehstromnetz ist nicht möglich, weil mit dieser Unterbrechung gleichzeitig auch die Einstellung des Punktes p_1 als Festpunkt aufgehoben wird, der Regler daher bis in seine Endlagen ausschlagen und das Drosselventil vollständig schließen kann. Außerdem ist unabhängig von dem Drehzahlregler ein Überdrehzahl- oder Schnellschlußregler vorgesehen, bei den Überschreitung der zulässigen Drehzahl die Turbine durch Schließen des Hauptabsperrventiles stillsetzt.

Wird der Zutritt des Abdampfes zur Membran *m* abgesperrt und der Raum *r* entlüftet, so wird die Steuerung zur normalen Druckölsteuerung. Es ist somit die Möglichkeit gegeben, die Turbodynamo auch für sich allein als normal arbeitenden Maschinensatz zu verwenden.

Drehstrom-Turbosätze, die mit dieser Steuerung ausgerüstet sind, können an Stelle von Druckminderventilen verwendet werden, wobei jedoch im Gegensatz zu diesen die Umsetzung von hochgespanntem Frischdampf in niedrig gespannten Heiz- oder Kochdampf unter Erzeugung von elektrischer Energie bewerkstelligt wird, die an größere Kraftwerke abgegeben werden kann. Damit ist den immer mehr zunehmenden Bestrebungen nach sparsamer Wärmewirtschaft wieder ein neues wertvolles Hilfsmittel an die Hand gegeben. [M 715[

Meißen. Dr. Steuer.

Über elektrische Schweißung.

Lichtbogenschweißung von Gußeisen.

Von Dr.-Ing. H. Neese, Oberhausen im Rheinland.

(Mitteilung aus dem Fachausschuß für Schweißtechnik im Verein deutscher Ingenieure.)

Die Grauguß-Kaltschweißung wird mit der Flußstahlschweißung verglichen. Erklärung der bei der Kaltschweißung auftretenden harten Zone. — Warmschweißung ist z. Zt. die beste Schweißung. Arbeitsverfahren, Erfolge, Gefügeeigenschaften.

In einem früheren Aufsatz[1]) wurden die Grundlagen der Lichtbogenschweißung, insbesondere von Flußstahl[2]), besprochen; dieser Aufsatz soll in Anlehnung an den früheren einige Ergänzungen hinsichtlich der Graugußschweißung bringen. Man unterscheidet zwei Arten, die Kaltschweißung und die Warmschweißung.

Die Kaltschweißung[3]) arbeitet nach dem gleichen Verfahren wie die Schweißung von Flußstahl, also mit Stromstärken von 100 bis 200 A bei 20 bis 30 V, mit Flußstahldraht als Zusatzstoff. Man bereitet das Werkstück ebenso vor wie bei der Flußstahlschweißung, d. h. man begnügt sich mit der Freilegung der Schweißnaht durch Abhobeln, Ausmeißeln, Aushauen und dergl. Das Arbeitsverfahren bietet nichts Besonderes gegenüber der Flußstahlschweißung. Da das Auftreten von Spannungen gerade bei Gußeisen sehr verhängnisvoll sein kann, vermeidet man noch mehr als bei der Flußstahlschweißung unnötige Erwärmung, man arbeitet also möglichst mit Pausen.

Im allgemeinen gilt alles, was über die Natur der Schweißung in dem oben erwähnten Aufsatz gesagt wurde, auch hier, mit folgenden Einschränkungen. Bei der Flußstahlschweißung wird durch die Verflüssigung des Schweißstückes an der Schweißnaht und die Vermischung des flüssigen Stahles dieser Stelle mit dem ebenfalls verflüssigten Stahl des Schweißdrahtes eine gleichartige Verschmelzungszone geschaffen, d. h. es verschmilzt untereinander Flußstahl (Blech) und Flußstahl (Draht). Nun tritt an die Stelle des Bleches Grauguß. Es findet also eine Mischung statt von flüssigem Gußeisen mit flüssigem Flußstahl (Draht). Nimmt man den Kohlenstoffgehalt des Gußeisens mit 3,5 vH an, den des Drahtes mit 0,05 vH, so muß die Verschmelzungszone. d. h. die Schweißnaht alle Kohlenstoffgehalte von 3,5 bis 0,05 vH enthalten, also auch hochkohlenstoffhaltige Stahl- und Roheisenarten mit 0,9 vH Kohlenstoff, Werkzeugstahl mit 1,8 bis 2,0 vH Kohlenstoff, weißes Roheisen. Dieser Umstand macht die Schweiße minderwertig. Einmal sind sehr harte Zonen in der Naht enthalten, die die Bearbeitung erschweren oder unmöglich machen; zum andern treten Spannungen in der Naht auf, die auf die Verschiedenheit der Größe der Schwindung und Schrumpfung dieser Zonen, Roheisen bis weicher Flußstahl, zurückzuführen sind und nicht vermieden werden können. Es besteht daher Neigung zum Abreißen der Schweiße aus Flußstahl von dem Werkstück aus Gußeisen, s. Abb. 1.

Ganz andere Verhältnisse liegen bei der Warmschweißung vor. Diese unterscheidet sich von der Kaltschweißung vornehmlich dadurch, daß man statt Flußstahl als Zusatzstoff Gußeisen verwendet. Würde man dieses auf ein kaltes Gußstück aufschmelzen, so würde es sofort beim Übergang von Hellrotglut auf Dunkelrotglut reißen, und zwar sowohl in sich, in dem aufgetragenen Werkstoff, als auch in der Verbindungsnaht mit dem Gußstück. Außerdem erhält man stets infolge der raschen Abkühlung glashartes, weißes Roheisen. Man erwärmt daher das Gußstück auf Rotglut. Das Zusatzgußeisen, die Schweißelektrode, trägt man derart ein, daß es ein dünnflüssiges Bad bildet, das sich infolge seiner großen Wärme in die Wände der Schweißstelle hineinfrißt und auf diese Art mit ihnen verschmilzt. Eine ausgesprochene Kraterbildung wie bei der Flußstahlschweißung ist nicht vorhanden und nicht nötig. Um nun die nötige große Wärme des Schmelzbades zu erreichen, muß man mit großen Stromstärken arbeiten. Weniger als 500 A bei 60 bis 70 V wendet man nicht an; man geht sogar auf 1000 A und darüber. Die Herstellung eines solchen Schmelzbades bedingt naturgemäß andere Vorbereitungen der Schweißstelle. Allgemein gültige Vorschriften lassen sich darüber nicht geben. Grundbedingung ist, daß die ganze Schweißstelle sorgfältig eingeformt wird, damit sich ein genügend großes Schmelzbad bilden kann. Vor allem muß der Grund des Bades mit den Elektroden gut erreichbar sein. Die Größe des Bades und die verfügbare Stromstärke müssen im richtigen Verhältnis zueinander stehen; unter Umständen muß man das Bad in mehrere Bäder unterteilen, die man nacheinander

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1125.

[2]) Nach den deutschen Werkstoffnormen tritt die Bezeichnung Flußstahl an die Stelle des früheren Flußeisens für den aus dem flüssigen Zustande gewonnenen Werkstoff; s. Z. Bd. 69 (1925) Nr. 43 S. 1341.

[3]) Weiteres über die Metallurgie der Kaltschweißung s. a. „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 105; „Die Gießerei" Bd. 11 (1924) Heft 14 und 15.

Schweisslage

Abb. 1. Schematische Darstellung des Aufbaues einer Kaltschweißung.

a unveränderter Grauguß
b durch Hitzewirkung umgewandelter Grauguß
c ungeschmolzenes, weißes Gußeisen
d durch Kohlenstoffaufnahme hochgekohlter Stahl
e niedrig gekohlter Stahl
f unveränderter Schweißdraht: gewöhnlicher Flußstahl.

Abb. 2. Gefüge einer Gußschweißung.

Abb. 3. Warmgeschweißte Stanze (Grauguß).

Abb. 4. Warmgeschweißter Druckkopf (Grauguß).

Abb. 5. Warmgeschweißter Maschinenrahmen (Grauguß).

fertiggestellt. Während der Dauer der Schweißung muß das Werkstück in Rotwärme sein, da sonst Härtung des Gußeisens und ungenügende Verschmelzung der Werkstücke eintreten. Nicht der Lichtbogen bewirkt die Verschmelzung, sondern die durch den Lichtbogen dem Schmelzbad erteilte überschüssige Wärme. Die Schweißung oder Verschmelzung erfolgt gewissermaßen mittelbar. Es besteht also grundsätzlich kein Unterschied zwischen der elektrischen Warmschweißung und der sogenannten Gießerei-Schweißung durch An- oder Aufgießen von flüssigem Gußeisen aus dem Kuppelofen.

Die chemische Zusammensetzung der verwendeten Grauguß-Elektroden ist insofern von Einfluß, als von dem mehr oder minder hohen Gehalt an Kohlenstoff und Silizium bei sonst üblichen Gehalten die Weichheit der Schweiße abhängt. Ausschlaggebend ist ein besonders hoher Siliziumgehalt, über 2 vH, jedoch nicht; genau wie die Gießerei ein bearbeitbares Gußstück aus einem Gußeisen mit normalem Siliziumgehalt herstellen kann, kann das die Schweißerei auch. Sie muß dann aber die gleichen Bedingungen schaffen, wie sie in der Gießerei vorliegen: tagelanges Abkühlen des Stückes je nach seiner Größe, insbesondere oberhalb 1100 °C, da sich in dieser Temperatur das Graphit ausscheidet und von der Graphitmenge bekanntlich die Weichheit des Graugusses abhängt, ferner Erhitzen auf Rotglut vor und während der Schweißung. Da diese Bedingungen je nach der Form des Stückes und der Lage der Fehlstelle oft schwierig in ihrer ganzen Schärfe einzuhalten sind, empfiehlt sich die Verwendung von hochsilizierten Gußstäben mit über 4 vH Silizium. Diese bieten eher Gewähr für die Erzielung von weichen Schweißen.

Nach älteren Versuchen des Verfassers[1]) äußert sich die Höhe des Siliziumgehaltes etwa wie folgt:

FeSi-Zusatz in vH des Elektrodengewichtes	Brinellhärte
1,5	260
3,0	225
4,5	216
6,0	210
7,5	207
9,0	200
10,5	196
12,0	190

[1]) „Stahl u. Eisen" Bd. 42 (1922) Heft 26 u. 31

Ein Titan-Zusatz wirkt ähnlich, wenn auch ungleichmäßiger.

FeTi-Zusatz in vH des Elektrodengewichtes	Brinellhärte
0,75	230
1,50	220
3,00	213
4,5	212
6,0	211

Umgekehrt wirkt eine Erhöhung des Mangangehaltes im Graugußstab. Eine Steigerung des Mangangehaltes in der Schweiße von 0,5 vH auf 1,1 vH bewirkte eine Erhöhung der Brinellhärte von 220 auf 270. Je größer der Flüssigkeitsgrad der Schweiße ist, desto größer ist, unter sonst gleichen Bedingungen, die Weichheit der Schweiße. Die Schweiße und ihre Zusammensetzung wird ferner beeinflußt von der Art, den Lichtbogen zu halten; bei kurzem Lichtbogen, niedriger Lichtbogenspannung, sind die Abbrandverluste an Silizium und Kohlenstoff geringer als bei langem Lichtbogen. Nach Schoeller[2]) betragen die Verluste im Lichtbogen bei Verwendung von Elektroden von 8 mm Dmr.:

	Spannung 20 V	Spannung 35 V
für Kohlenstoff . . . . vH	0,35	0,70
„ Silizium . . . . „	0,27	0,49
„ Mangan . . . . „	0,20	0,28
„ Schwefel . . . . „	0,005	0,13
„ Phosphor . . . . „	0,18	0,03

Das Gefüge der Schweißung muß, bei guter Ausführung, die nicht immer möglich ist, dem eines Gußstückes von normaler Zusammensetzung vollkommen gleich sein, da die Schweiße unter gleichen Bedingungen hergestellt wird wie das Gußstück, Abb. 2. Schlackeneinschlüsse, Poren, Gasblasen sind sehr selten, da die vollkommene Flüssigkeit des Schweißbades die Bildung der genannten Fehler fast unmöglich macht.

Diese Art der Gußschweißung ist als die zurzeit beste zu bezeichnen, ihr Nachteil ist, daß sie in allen Fällen einen Ausbau des Stückes und eine nachträgliche Bearbeitung erfordert, zumal Verziehungen sehr häufig vorkommen. Außerdem ist die Anwendung der Warmschweißung behindert dadurch, daß sich in manchen Fällen eine gleichmäßige Anwärmung mit Rücksicht auf die Größe des Stückes und die Lage der Fehlstelle nicht durchführen läßt.

Welche Arten von Schweißungen zweckmäßig mittels Warmschweißung ausgeführt werden, zeigen die Abbildungen 3 bis 5. [B 619]

[2]) „Die Schmelzschweißung" Bd 3 (1924) Heft 6 u.

Der Stand der Passungsfrage in Deutschland und im Auslande II.

Von Oberingenieur K. Gramenz, Berlin.

Als Fortsetzung der in Z. Bd. 67 (1923) S. 605 erschienenen Arbeit werden die Passungsnormen von England, Italien und Schweden mit den Dinpassungen[1]) verglichen.

Bei der außerordentlichen Wichtigkeit, die der Passungsfrage als der Grundlage für den Austauschbau und damit für die wirtschaftliche Fertigung überhaupt in allen Industrieländern beigemessen wird, erscheint es angebracht, über den heutigen Stand der Passungsfrage in den verschiedenen Ländern zu berichten. Die grundsätzliche Bedeutung der Passungsfrage für die Fertigung auf allen Gebieten des Maschinenbaues und die sich daraus ergebenden Anforderungen an den Aufbau der Paßsysteme sind in dem oben angeführten Aufsatz im Jahre 1923 bereits eingehend dargelegt und inzwischen Gemeingut weiterer Kreise geworden, so daß sich erübrigen dürfte, hierauf noch einmal einzugehen.

Neben den Passungsnormen des NDI lagen im Jahre 1923 ganz oder nahezu abgeschlossen die Passungsnormen von Holland und der Schweiz vor; an diesen sind Änderungen von Bedeutung nicht zu verzeichnen. Österreich hat die deutschen Passungsnormen unverändert angenommen. Die amerikanischen Vorschläge sind noch nicht endgültig, haben wesentliche Änderungen aber bisher nicht erfahren. Aus Rußland liegen keinerlei neuere Unterlagen vor. In England und Schweden sind die Passungsnormen nunmehr abgeschlossen. Italien gibt seine Vorschläge bekannt. Über die Arbeiten der letzten drei Länder soll nachstehend berichtet werden:

Die englischen Passungsnormen[2]).

In der englischen Norm Nr. 27 aus dem Jahre 1906 war der englischen Industrie ein Paßsystem mit einheitlicher Welle vorgeschlagen. Dieses hat sich jedoch nicht allgemein eingeführt. Die größte Verbreitung hatte in England das Newall-System, ein Einheitsbohrungs-System, bei dem die Bohrungstoleranzen ungleichmäßig zur Nullinie verteilt sind; der größere Teil liegt über, der kleinere unter der Nullinie. Eine im Jahre 1917 eingesetzte Kommission hat daher 1924 eine Norm 164 herausgegeben, die die Norm 27 (1906) ungültig macht und die Einheitsbohrung als das Paßsystem der englischen Industrie festlegt. Durch die Abhandlung von A. A. Remington[3]) hat sich auch in der englischen Industrie die Erkenntnis durchgesetzt, daß bei Einführung mehrerer Gütegrade nebeneinander ein System mit der Nullinie als Begrenzung zu bevorzugen ist, weil es den Übergang von einem Gütegrad zum andern gestattet, ohne den Charakter eines Sitzes grundsätzlich zu verändern. Um jedoch der englischen Industrie den Übergang vom bisherigen System zum neuen System mit der Nullinie als Begrenzungslinie zu erleichtern, hat die englische Normenkommission, British Engineering Standards Association (BESA), einen sehr geschickten Ausweg gefunden, der in den nachstehenden Ausführungen gezeigt werden soll.

Den Aufbau des englischen Paßsystems zeigt Abb. 1. Es ist ein Einheitsbohrungs-System mit vier Gütegraden, und zwar sind vier Bohrungen (*K*, *X*, *Y* und *Z*) mit symmetrisch zur Nullinie verteilter Toleranz und vier Bohrungen (*B*, *U*, *V* und *W*) mit der Nullinie als unterer Begrenzung vorgesehen. In der Größe stimmen die Toleranzen der entsprechenden Bohrungen in beiden Gruppen überein. Außerdem sind noch drei weitere Bohrungen *A*, *G* und *H* vorgesehen, die als „Übergrößen" (oversize) bezeichnet werden. Diese entsprechen in der Toleranz der zweiten Güte (Bohrung *V* und *Y*), haben aber ein positives unteres Abmaß gleich dem Ein-, Zwei- und Dreifachen ihrer Toleranz. Für sämtliche Bohrungen ist eine einzige Reihe von Wellen festgelegt, die vom festesten Sitz beginnend wie folgt bezeichnet sind: *F*, *E*, *D*, *C*, *B*, *K*, *L*, *P*, *M*, *Q*, *R*, *S*, *T* und *TT*.

Diese Wellen können nach Bedarf mit den Bohrungen verschiedener Herstellgenauigkeit gepaart werden. Dabei kommen die Bohrungen *B* und *U* bzw. *K* und *X*, wie bei den Dinormen die Edel- und Feinpassung, wohl vorwiegend für die Ruhesitze und die Sitze mit geringerem Spiel in Betracht, während die Bohrungen *V* und *W* bzw. *Y* und *Z* nur für weniger empfindliche Passungen, also für Sitze mit größerem Spiel geeignet sein dürften, entsprechend der Schlicht- und Grobpassung der Dinormen. Die Paarung der Wellen mit den Übergrößen (Bohrung *A*, *G* und *H*) kommt nach der englischen Norm nur für besondere Fälle in Betracht, also da, wo zwischen zwei festen Sitzen ein beweglicher Sitz anzuordnen ist und die Welle als glatte Welle ausgeführt werden soll.

Erwähnt sei der Vollständigkeit halber noch eine symmetrisch zur Nullinie verteilte Grobtoleranz *J*, die sowohl für Bohrungen als auch für Wellen gedacht ist, nicht aber für Paßteile Anwendung finden soll.

Bemerkenswert an den englischen Passungsnormen ist, daß auch sie gewissermaßen eine Paßeinheit aufweisen, die gestattet, Toleranzen und Spiele über den ganzen Durchmesserbereich, trotz der zahlenmäßigen Verschiedenheit, einheitlich anzugeben. Dies ist bisher außer bei den deutschen Normen und den holländischen und österreichischen Normen, die sich an die deutschen Passungsnormen anlehnen, der einzige Fall, wo ein für alle Durchmesserstufen einheitlicher Maßstab für Toleranzen und Spiele geschaffen worden ist. Bezeichnet ist diese Paßeinheit mit „range factor" *r*. Sie ist in der Weise zustande gekommen, daß der Durchmesserbereich von 0 bis 25 Zoll in Stufen eingeteilt ist, derart, daß von Stufe zu Stufe die Toleranz der Feinbohrungen *U* und *X* um $^2/_{10\,000}$″ wächst (vergl. Schaulinie für *U* in Abb. 2). Die wirkliche Größe des Abmaßes wird nun errechnet, indem der „range factor" *r* mit einem „Größenmultiplikator" *m*, der jeder Durchmesserstufe zugeordnet ist, multipliziert wird; dabei ergeben sich die Abmaße in $^1/_{1000}$″. Vorgesehen sind 21 Durchmesserstufen, denen die Größenmultiplikatoren 3 bis 23 zugeordnet sind.

In dieser Hinsicht ist also das englische Paßsystem noch übersichtlicher als das deutsche, da man sich außer der Paßeinheit für ein bestimmtes Abmaß oder Spiel nur noch den zu jedem Durchmesser gehörigen Multiplikator — der sich bei häufigerem Gebrauch leicht einprägen dürfte — zu merken hat, um durch einfache Multiplikation den zahlenmäßigen Wert des Abmaßes ausrechnen zu können.

Die Toleranzen für die im englischen Paßsystem festgelegten Bohrungen betragen 1 (*B* und *K*), 2 (*U* und *X*), 4 (*V* und *Y*) und 8 englische Paßeinheiten (*W* und *Z*). Der Verlauf der Abmaße für die Bohrungen mit einseitig von der Nullinie liegenden Toleranzen (*B*, *U*, *V* und *W*) ist in Abb. 2 in den ausgezogenen Linien dargestellt. Zum Vergleich sind gestrichelt die Abmaße der vier Bohrungen *e B*, *B*, *s B* und *g B* der Dinpassungen eingetragen. Die Bohrung *B* der englischen Passungen deckt sich ziemlich genau mit der Bohrung *e B* der Dinpassungen und nähert sich über 120 mm Dmr. sehr der Feinbohrung *B*. Die Bohrung *U* der zweiten Güte der englischen Passungen hat durchweg eine größere Toleranz als die Feinpassungsbohrung *B* der Dinpassungen; in den größeren Durchmessern nähert sie sich sehr stark der Schlichtbohrung *s B*. Die Bohrung *V* der englischen Passungen hat eine erheblich größere Toleranz als die Schlichtbohrung *s B* der Dinpassungen. Die Bohrung *W* der englischen Passungen deckt sich wieder ungefähr mit der Grobbohrung *g B* der Dinpassungen. Der Vergleich läßt klar erkennen, daß die Bohrungstoleranzen der englischen Passungen mit wachsendem Durchmesser stärker anwachsen als bei den Dinpassungen, daß also der Aufbau der Toleranzen und Spiele im englischen System in Abhängigkeit von $\sqrt{D}$ erfolgt ist (mittleres Spiel $= K_1 + K_2\sqrt{D} + K_3$, wobei K_1, K_2 und K_3 Konstanten sind). Zu beachten ist, daß bei den Grenzlehren des

[1]) Vergl. Gramenz, „Die Dinpassungen und ihre Anwendung." Dinbuch 4. 2. Aufl. Berlin 1925, Beuth-Verlag.

[2]) Damm: Maßnahmen einer deutschen Lokomotivfabrik zur Anwendung der englischen Passungsnormen, „Werkstattstechnik" Bd. 19 (1925) S. 481. Derselbe: Die englischen Passungsnormen, NDI-Mitteilg. vom 23. April 1925 S. 401.

[3]) „Engineering" Bd. 111 (1921) S. 441, deutsch bearbeitet von K. Gramenz, „Werkstattstechnik" Bd. 16 (1922) S. 163.

Abb. 1. Englisches Paßsystem.
Durchmesserbereich 2,1 bis 2,79″ (52,5 bis 69,9 mm).

Abb. 2. Vergleich der Bohrungen des englischen und des deutschen Paßsystems. Dmr. in mm.

englischen Paßsystems die Herstellungstoleranz und die Abnutzung der Lehren innerhalb der angegebenen Abmaße liegen.

Abb. 1 läßt erkennen, daß für die Wellen *F* bis *M* die Toleranz gleich ist und mit der englischen Edelbohrung *B* bzw. *K* übereinstimmt. Für die Sitze mit größerem Spiel nimmt wie bei den Dinpassungen die Wellentoleranz zu. Abweichend von der Darstellung in der englischen Norm sind in Abb. 1 sämtliche Wellen der Bohrung *U* zugeordnet, wodurch ein besserer Vergleich mit den Dinpassungen ermöglicht wird. Zulässig ist jedoch die Zuordnung sämtlicher Wellen zu sämtlichen Bohrungen. Abb. 1 zeigt aber mit nicht zu übertreffender Deutlichkeit den Nachteil von Bohrungen mit symmetrisch zur Nullinie verteilter Toleranz. Die Welle *Q* z. B., die in der Bohrung *X* stets einen Laufsitz mit gewährleistetem Mindestspiel gibt, könnte bei Paarung mit den Bohrungen *Y* oder *Z* bereits einen Festsitz von erheblichem Übermaß ergeben, wenn die Bohrungen an der Grenze ihres Kleinstmaßes liegen.

Man kann daher wohl annehmen, daß die englische Industrie nach Möglichkeit auf die Anwendung der Bohrungen mit symmetrisch verteilter Toleranz verzichten und bestrebt sein wird, zur Nullinie als unterer Begrenzung der Bohrungstoleranz überzugehen. Durch Festlegung eines einzigen Satzes von Wellenlehren für beide Bohrungsgruppen ist aber der englischen Industrie der Übergang leicht gemacht. Wer zunächst noch mit Rücksicht auf bestehende Einrichtungen (Reibahlen, Drehdorne, Meßeinrichtungen) an einer bisher gebräuchlichen Bohrung mit symmetrisch verteilter Toleranz festhält, also an einer Bohrung, die vielleicht der Bohrung *X* entsprechen mag, und hierfür die in der englischen Norm vorgeschlagenen Wellen benutzt, kann beim Übergang zu Bohrungen mit geringerer Herstellgenauigkeit ohne weiteres zum System mit der Nullinie als Begrenzungslinie übergehen und bei passender Gelegenheit oder in allmählicher Umstellung auch von der Bohrung *X* zur Bohrung *U* übergehen, ohne daß für die Wellenlehren irgendwelche Änderungen daraus folgen. Unter diesem Gesichtswinkel betrachtet muß der Aufbau des englischen Paßsystems als außerordentlich geschickt und wohlgelungen angesehen werden.

Für einen Vergleich des englischen Paßsystems mit dem deutschen kommen natürlich nur die Bohrungen mit der Nulllinie als Begrenzung in Betracht, und von diesen in erster Linie wieder die Bohrung *U*, die als die meistgebräuchliche in den englischen Normen bezeichnet wird und für deren Paarung mit den Wellen in der englischen Norm die Spiele und Übermaße zahlenmäßig angegeben sind. Einen anschaulichen Vergleich gibt natürlich nur die zeichnerische Gegenüberstellung der einzelnen Sitze, Abb. 3. Sie zeigt, daß bei den einander gegenübergestellten Sitzen, abgesehen von den beiden festesten, eine gewisse Übereinstimmung in der Größe der Wellentoleranzen und im Verlauf der Abmaße besteht. Dennoch läßt diese Gegenüberstellung einen Vergleich des Charakters der Sitze nicht ohne weiteres zu, weil die Toleranz der Bohrung *U* des englischen Systems erheblich größer als die der Bohrung *B* der Dinpassungen ist. Dies beeinflußt den Charakter der Bewegungssitze unwesentlich. Für die gegen Spielschwankungen empfindlicheren Ruhesitze und den Gleitsitz sind in Abb. 4 die Größt- und Kleinstspiele (Übermaße) aufgetragen. Die Sitze des englischen Systems weisen durchweg eine größere Paßtoleranz auf als die entsprechenden Din-Sitze. Hinsichtlich des mittleren Spieles ist aber einigermaßen Übereinstimmung vorhanden.

Eine Ausnahme macht der Sitz *U E* der englischen Passungen, der seinem mittleren Spiel nach im Charakter zwischen dem Preßsitz und dem Festsitz der Dinpassungen liegt. Auch der Gleitsitz *UL* der englischen Passungen dürfte etwas lockerer sein als der Gleitsitz der Dinpassungen. Durch Verwendung der Bohrung *B* der englischen Passungen, deren Toleranz nur halb so groß wie die der Bohrung *U* ist, würden die Größtspiele herabgesetzt und bei Paarung mit den Wellen *E*, *D*, *C*, *B*, *K*, *L* und *P* würde eine fast vollständige Übereinstimmung mit den zum Vergleich herangezogenen Sitzen der Feinpassung erreicht werden (für den Sitz *UE* strichpunktiert angedeutet).

Der Sitz *US* der englischen Passungen ist mit dem Weiten Laufsitz der Schlichtpassung zu vergleichen, und die in Abb. 3 nicht mehr dargestellten Sitze *UT* und *UTI* entsprechen bereits den Grobsitzen *g* 3 und *g* 4, besonders wenn die Bohrung *U* noch durch die Bohrungen *V* und *W* ersetzt würde.

Zusammenfassend ist über den Vergleich der englischen und deutschen Passungen das Folgende zu sagen: Bei den englischen Passungen sind Toleranzen und Spiele auch nach Paßeinheiten gestuft; doch ist mit zunehmendem Durchmesser ein stärkeres Anwachsen als bei den Dinpassungen zu verzeichnen. Die englischen Passungen weisen ebenfalls vier Gütegrade auf, die sich durch die Größe der Bohrungs-

Abb. 3. Vergleich der englischen Passungen und der Dinpassungen.

toleranzen unterscheiden. Die für den Maschinenbau meist empfohlene Güte, die Bohrungen U und X, weisen eine größere Toleranz auf als die Feinbohrung der Dinpassungen. Die Bohrungen erster Güte (B und K) jedoch ergeben mit den entsprechenden Wellen Sitze, die sehr gut der Edelpassung der Dinormen entsprechen; teilweise dürften die Spielschwankungen sogar etwas geringer sein als bei den Edelsitzen der Dinpassungen, besonders auch deswegen, weil die aufgestellten Abmaße Herstellgenauigkeit und Abnutzung der Lehren mit einschließen. Die geringeren Spielschwankungen der ersten Güte sind für den Einbau von Kugellagern günstig. Vorgesehen ist nur Einheitsbohrung. Angestrebt und erleichtert wird der Übergang zur Nulllinie als unterer Begrenzung der Bohrungstoleranz

Als besonders bemerkenswert sei noch hervorgehoben, daß die englischen Passungsnormen parallel nebeneinander sowohl für das Zollmaß als auch für das metrische Maß aufgestellt worden sind, wobei sich aus der Umrechnung von Zoll in Millimeter ein anderer „range factor" r ergibt, der 2,5mal so groß wie der für das Zollmaß ist und die Abmaße in $^{1}/_{100}$ mm ergibt.

Die italienischen Passungsnormen.

Der italienische Normenausschuß, Comitato Generale per l'Unificazione nell' Industria Meccanica (UNIM), veröffentlicht nach sehr eingehender Durcharbeitung der Paßsysteme anderer Länder Entwürfe für Passungsnormen, die mit den entsprechenden Dinormen übereinstimmen.

Abb. 4. Spiele und Übermaße für Ruhesitze und Gleitsitz der englischen Passungen.

Entscheidend für diesen Vorschlag sind die Erfahrungen, die seit 1919 in italienischen Werkstätten mit den Dinpassungen gemacht worden sind. Vorgesehen ist nur das System Einheitswelle, Abb. 5. Da in italienischen Fabriken bisher nicht viel nach Passungen gearbeitet worden ist, hofft man, mit der Einführung der Einheitswelle als einzigem Paßsystem durchkommen zu können, und setzt die Vorteile,

Abb. 5. Italienisches Paßsystem. Durchmesserbereich 50 bis 80 mm.

eine Einheitspassung für alle Industriezweige zu haben, höher an als die Nachteile, die in gewissen Fällen die Anwendung der Einheitswelle gegenüber der Einheitsbohrung hat.

Die veröffentlichten Vorschläge sehen wie die Dinormen die Nullinie als obere Begrenzung der Wellentoleranz vor. Die Abmaße für Bohrungen und Wellen und damit Toleranzen und Spiele sind nach Paßeinheiten gestuft (1 PE = 0,005 $\sqrt[3]{D}$). Übernommen sind die vier Gütegrade und die Sitze der Dinpassungen, mit Ausnahme des Preßsitzes, des Treibsitzes in Edel- und Feinpassung, des Weiten Laufsitzes der Feinpassung und der Grobsitze *g* 2 und *g* 4. Die Einfügung dieser Sitze ist aber noch offen gelassen. Die Sitze werden durch sinnfällige Bezeichnungen gekennzeichnet, die den Wortbezeichnungen entnommen sind. Als Bezugstemperatur ist die von 20 °C vorgesehen.

Die schwedischen Passungsnormen.

Die Normen der Svenska Industriens' Standardiserings-kommission weisen wie die Dinormen zwei Paßsysteme auf, Einheitsbohrung und Einheitswelle. Den Aufbau zeigen Abb. 6 und 7. Die Nullinie ist untere Begrenzung der Bohrungstoleranz im System Einheitsbohrung und obere Begrenzung der Wellentoleranz im System Einheitswelle. Festgelegt sind bisher drei Gütegrade, die durch die Ziffern 1, 2 und 3 gekennzeichnet werden. Die Aufstellung einer vierten und fünften Güte ist als nicht ausgeschlossen hingestellt. Zur Bezeichnung der Sitze und Lehren dienen die Buchstaben des Alphabets, die großen für die Bohrungen, die kleinen für die Wellen. Sie sind so gewählt, daß Erweiterungen des Systems nach der einen oder der anderen Seite, sowie Einschaltung neuer Sitze im Bereich der empfindlichen Ruhesitze möglich sind, ohne die Planmäßigkeit der Bezeichnungen zu stören.

Die Abmaße sind in der Weise festgelegt, daß die Paßmaße, das ist nach der schwedischen Begriffbestimmung bei Bewegungssitzen einschließlich Gleitsitz das Kleinstspiel und bei Ruhesitzen das Größtspiel bzw. Kleinstübermaß, nach der Formel $P = p\sqrt{d}$ und die Toleranzen nach der Formel $T = t\sqrt[3]{d}$ bestimmt sind, wobei *p* und *t* Kon-

Abb. 6. Schwedisches Paßsystem, Einheitsbohrung.
Durchmesserbereich 50 bis 80 mm.

Abb. 7. Schwedisches Paßsystem, Einheitswelle.
Durchmesserbereich 50 bis 80 mm.

stanten sind, die sich für die verschiedenen Sitze ändern. Äußerlich zeigen daher die schwedischen Passungsnormen nicht einen so einfachen und klaren Aufbau wie die deutschen und englischen. Abb. 6 und 7 zeigen, daß nicht wie bei den Dinpassungen in den verschiedenen Gütegraden für gleichartige Sitze die gleichen Kleinstspiele vorhanden sind, was beim Übergang von einem Gütegrad zum andern nicht ohne Einfluß auf die Passung ist. Einheitsbohrung und Einheitswelle stimmen in den Kleinst- und Größtspielen überein, so daß gleichnamige Sitze gleichen Sitzcharakter haben.

Beachtenswert ist, daß die festgelegten Abmaße Herstellgenauigkeit und Verschleiß der Meßwerkzeuge mit einschließen.

Die erste Güte weist vier Ruhesitze und einen Gleitsitz auf. Einen Vergleich der Toleranzen und Spiele für die Sitze der ersten Güte der schwedischen Passungen und der Dinpassungen in den verschiedenen Durchmesserbereichen zeigen Abb. 8 und 9. Die erste Güte der schwedischen Passungen ist bis 500 mm Dmr. festgelegt, während die Edelpassung der Dinpassungen nur bis 120 mm reicht, doch ist die Bohrungstoleranz mit 1 PE bis 500 mm Dmr. strichpunktiert angegeben. Die Bohrungs- und Wellentoleranzen sind in den schwedischen Passungen bedeutend geringer als in den Dinpassungen. Die Sitze der schwedischen Passungen weisen daher eine wesentlich geringere Paßtoleranz (Spielschwankung) auf. Die erste Güte der schwedischen Passungen nähert sich sehr der ersten Güte der Schweizer Passungen und wird wie diese den Anforderungen des Kugellagereinbaues besser gerecht als die Edelpassung der Dinpassungen, stellt dafür aber auch höhere Anforderungen an die Fertigung als diese.

In der zweiten Güte weisen die schwedischen Normen wie die deutschen sechs Ruhesitze, den Schrumpfsitz mitgerech-

Abb. 8. Abmaße.

Abb. 9. Spiele.

Abb. 8 und 9. Vergleich der schwedischen Passungen erster Güte und der Din-Edelpassung.

Abb. 10. Vergleich der schwedischen Passungen zweiter Güte und der Dinpassungen, Abmaße.

net, und fünf Bewegungssitze einschließlich Gleitsitz auf. Der Vergleich der Sitze der zweiten Güte des schwedischen Systems mit denen der Din-Feinpassung ist in Abb. 10 für die Einheitsbohrung durchgeführt. Die Bohrung H_2 der schwedischen Passungen stimmt mit der Feinbohrung der Dinpassungen vollständig überein bis auf die Durchmesserbereiche 180 bis 260 mm und 260 bis 360 mm, in denen die Toleranz der Dinbohrung um 5 μ, das sind etwa 10 vH, geringer ist. Auch die Abmaße der Wellen zeigen in beiden Systemen einen annähernd gleichen Verlauf. Da bei den schwedischen Passungen die Spiele nach $\sqrt{D}$ und in den Dinpassungen nach $\sqrt[3]{D}$ gestuft sind, sind in den unteren Durchmesserbereichen die Abmaße der Dinpassungen häufig etwas größer, in den oberen Durchmesserbereichen etwas kleiner, so daß sich die Kurven überschneiden.

Nennenswerte Unterschiede zeigen sich an folgenden Stellen: Der schwedische Sitz H_2/p_2 hat etwas größere Übermaße als der deutsche Preßsitz. Der schwedische Sitz H_2/k_2 stellt das Mittel zwischen dem Haftsitz und dem Treibsitz der Dinpassungen dar. Erhebliche Abweichungen zeigt der schwedische Sitz H_2/r_2 gegenüber dem Schrumpfsitz nach Vorschlag Kienzle[1]); er weist bis zu 120 mm Dmr. erheblich größere Übermaße, über 180 mm Dmr. jedoch geringere Übermaße auf. Im allgemeinen sind aber die aus der verschiedenen Festlegung der Abmaße sich bei den entsprechenden Sitzen der zweiten Güte der schwedischen Passungen und der Feinpassung der Dinormen ergebenden Unterschiede im Spiel und Übermaß so gering, daß sie praktisch ohne Bedeutung sind. Die verwickelten Überlegungen, die zur Festlegung der Toleranzen und Spiele angestellt worden sind, sind also vorwiegend theoretischer Natur.

In der dritten Güte stehen den elf Sitzen der schwedischen Passungen nur drei Sitze in der deutschen Schlichtpassung gegenüber, da in dieser Ruhesitze nicht festgelegt wurden. Die Toleranzen der dritten Güte der schwedischen Passungen betragen etwa ½ bis ⅔ der Schlichtpassungstoleranzen der Dinpassungen. Die Kleinstspiele sind in beiden Systemen — soweit Sitze zum Vergleich vorhanden sind — annähernd gleich, die Größtspiele sind jedoch entsprechend den Toleranzen verschieden. In der dritten Güte haben also die Ruhesitze eine größere Berechtigung als bei den Dinpassungen in der Schlichtpassung, immerhin dürften aber auch bei den schwedischen

[1]) NDI-Mitteilungen vom 26. Januar 1923 S. 61; Dinbuch 4, Passungen.

Passungen in der dritten Güte die Spielschwankungen für einwandfreie Ruhesitze etwas zu groß sein. Den Bedürfnissen des allgemeinen Maschinenbaues dürfte die dritte Güte aber insofern gerecht werden, als mit einem Gütegrad auszukommen ist und nicht wie bei den Dinpassungen zur Herstellung von Festsitzen zum nächstfeineren Gütegrad gegriffen werden muß. Beachtenswert ist, daß für die beiden weitesten Sitze der dritten Güte im System Einheitswelle eine Welle vierter Güte mit etwas größerer Toleranz vorgesehen ist, vergl. Abb. 7.

Zusammenfassung.

Die Vorteile der Paßsysteme mit der Nullinie als Begrenzungslinie gegenüber den Systemen mit der Nullinie als Symmetrielinie finden in immer weiterem Maß Anerkennung. Durch die Festlegung der Nullinie als Begrenzungslinie wird auch, wie die durchgeführten Vergleiche zeigen, in den meisten Fällen eine Annäherung in den festgelegten Abmaßen erreicht, so daß die Austauschbarkeit der Erzeugnisse aus einem Lande mit denen aus einem anderen Lande durch die bestehenden Unterschiede nicht ernstlich in Frage gestellt sein dürfte. Voraussetzung ist einheitliche Bezugtemperatur und einheitliches Maßsystem (Zoll bzw. Millimeter). Die Bezugtemperatur ist in allen Ländern einheitlich mit 20 °C festgelegt oder in Aussicht genommen, mit Ausnahme von England, das die Bezugtemperatur 62 °F = 16⅔ °C hat, und Frankreich, das mit einer Bezugtemperatur von 0 ° arbeitet. [B 986]

Die Destillation von Kohle und Teer mittels eines Metallbades.

Die Beheizungsmängel bei der Destillation organischer Stoffe wie Kohle und Teer, die sich in pyrogenen Zersetzungen der entstandenen wertvollen Destillationserzeugnisse zu wertlosen permanenten Gasen äußern, lassen sich durch Einbau eines als Wärmepuffer dienenden Metallbades zwischen Feuerung und Destillationsretorte abstellen. Mit Hilfe eines Bleibades können die für die Tieftemperaturverkokung von Stein- und Braunkohle erforderlichen Temperaturen von 500 °C in der Kohle selbst, entsprechend 600 bis 650 °C im Wärmeträger, in der eisernen Retortenwand und im Metallbade, bequem erreicht werden. Da eine Temperatur, die sich dem Siedepunkt des außerdem chemisch sehr trägen Bleies bei etwa 1470 °C nähert, überhaupt nicht in Frage kommt, sind Bleiverluste durch Verdampfung vollständig ausgeschlossen. Durch Legierung mit Antimon (Schmelzpunkt 630 ° gegen 327 °C bei reinem Blei) läßt sich eine Erhöhung des Metallbad-Schmelzpunktes um jeden gewünschten Betrag herbeiführen.

Die Metallbäder lassen sich als mittelbare oder unmittelbare Wärmeträger zur Destillation verwenden. Bei den Jahrzehnte zurückliegenden Versuchen von Lagrange und Dr. Rolle diente das Metallbad nur als mittelbarer Wärmepuffer zwischen Feuerung und Retorte, während es in neuerer Zeit unmittelbar als Wärmeträger innerhalb der Retorte zwischen Wand und Destillationsgut, wie Kohle oder Teer, benutzt wird. Die feinverteilte Kohle wird hierbei durch das Metallbad hindurchgetrieben, wobei das sich allseitig an jedes Kohlenkörnchen anschmiegende flüssige Metall eine äußerst schnelle Vergasung herbeiführt. Bei dem Rolleschen Versuchsofen, bei dem das Metallbad als Wärmepuffer zwischen Feuerung und Retorte diente, wurde die Kohlenbeschickung in einer Blechmulde in das Metallbad eingesetzt.

In neuerer Zeit hat die Thermal Industrial and Chemical (T. I. C.) Research Company Ltd., London, von deutscher Seite begonnene Versuche mit unmittelbar wirkenden Metallbädern wieder aufgenommen und unter dem Namen T. I. C.-Verfahren eine Versuchsanlage zur Tieftemperaturverkokung der Steinkohle entworfen, bei der der Hauptwert darauf gelegt ist, zu verhindern, daß Metallteilchen in den Poren der Koksstücke haften bleiben und damit einen Metallverlust herbeiführen, der die Wirtschaftlichkeit eines solchen Verfahrens von vornherein in Frage stellen würde. Durch Drehung einer Trommel in dem Schwelbehälter wird die Kohle — besonders bei Durchsatz von Staubkohle lassen sich gute Ergebnisse erwarten, da die Wärmeübertragung und -durchdringung mit großer Geschwindigkeit erfolgt — durch das flüssige Metallbad befördert und gelangt wegen ihres erheblich geringeren spezifischen Gewichtes hinter der Trommel an die Oberfläche und vor zwei Walzen, die den Koks feinmahlen. Die aus der Kohle ausgetriebenen Gase werden durch einen verstellbaren Spalt mit einer solchen Geschwindigkeit abgezogen, daß sie den feinkörnigen Koksrückstand mitnehmen, ohne jedoch Metallteilchen aus dem erhitzten Metallbade mitzureißen. In den zwischen Badoberfläche und Behälterdeckel gebildeten Raum wird zur Beschleunigung der Destillation Wasserdampf eingeleitet. Der Tagesdurchsatz beträgt bei einer Abmessung des Metallbades von 1067 mm Länge, 380 mm Breite und 152 mm Höhe 5 t Steinkohlen.

Bei dem Caracristi-Verfahren ist der Grundgedanke Rolles, die Kohlenbeschickung in einer Blechmulde in das Metallbad einzusetzen, wieder aufgenommen und für ununterbrochenen Betrieb ausgebaut worden. Der 15 860 mm lange Ofen enthält eine aus Formsteinen gemauerte, rechteckige, leicht gewölbte Retorte mit einer nutzbaren Sohlenfläche von 57,3 m². Die Retorte trägt unmittelbar auf ihrem Gewölbe zwei Längsregeneratoren mit senkrechten Zügen an den Außenseiten, die mit Generatorgas beheizt werden. Die Züge reichen bis zur Sohle der Retorte und sind durch Gußeisenrohre miteinander verbunden, die die heißen Verbrennungsgase den jeweils unbeheizten Zügen zuführen. Auf dem Bleibade, das die Retortensohle in einer Höhe von etwa 150 mm bedeckt, liegt ein dicht schließendes Plattenförderband, das durch eine Aufgabevorrichtung mit Fein- oder Staubkohle in gleichmäßig dünner Lage von etwa 12 mm beschickt wird. Sowohl die Temperatur des Bleibades als auch die von den Retortenwänden abstrahlende Wärme führen eine schnelle, gleichmäßige Entgasung der Kohlen herbei. Der Schwelkoks fällt am Ende des Förderbandes auf ein zweites, in der heißesten Zone des Ofens laufendes Band, auf dem die letzten Teerbestandteile der Kohle ausgetrieben werden. Der Kraftverbrauch beträgt etwa 0,75 kWh/t Durchsatz bei einem Wärmebedarf von 216 000 kcal[1]). Die Ausbeute aus einer Tonne Kohlen mit 36 vH flüchtigen Bestandteilen und 5 vH Feuchtigkeit beträgt 198 bis 226 m³ Gas mit 5300 bis 6200 kcal/m³, 19 l Gasbenzin, 9 kg schwefelsaures Ammoniak, 95 bis 113 l Urteer, 608 kg Halbkoks mit weniger als 15 vH flüchtigen Bestandteilen. Der Durchsatz des Ofens beträgt 25 t in 24 h.

Ähnlich wie bei der Destillation der Kohle ermöglicht auch die Destillation von Teer sowohl die mittelbare als auch die unmittelbare Anwendung eines Metallbades. Bei der T. I. C.-Teerdestillationsanlage ist die verhältnismäßig sehr niedrige, rechteckige Teerblase mit einem Metallbade versehen. Der Teer gelangt vom Teerzuführungsrohr unter eine im Metallbad eingebaute Stoßplatte, bis zu deren Ende er wandern muß, ehe er in Dampfform in den freien Blasenoberteil einzutreten vermag. Die aus der Blase entweichenden Destillationsdämpfe werden durch vier Kühler geleitet und in verschiedene, getrennt abgefangene Fraktionen verdichtet. Der Teerrückstand fließt durch einen in der Höhe mit der Oberfläche des Metallbades abschneidenden Stutzen ständig ab. Der Heizölverbrauch einer Anlage für einen Tagesdurchsatz von 40 t Rohteer beträgt bei 10 140 kcal Heizwert des Heizöles rd. 32 kg/t durchgesetzten Teeres. Als besonderer Vorteil des Verfahrens wird die lange Lebensdauer der Blasen und die erhebliche Herabsetzung der Feuergefahr erwähnt.

Bei dem Verfahren von Blümner wird der Teer in der mit dem Metallbad gefüllten Blase durch einen mit Füllringen beschickten Einsatz geleitet. Durch die ablenkende Wirkung der Ringfüllung wird der Weg der Teerströme zur Oberfläche des Bades erheblich verlängert und eine innige Berührung zwischen Teer und flüssigem Metall herbeigeführt. Der Teer kann nach diesem Verfahren, das für Deutschland von der Deutschen Erdöl-A.-G. übernommen worden ist, sowohl bei gewöhnlichem als auch bei Unter- oder Überdruck destilliert werden.

Bei dem Verfahren von Graefe und v. Walther handelt es sich im Grunde genommen nicht um eine Teerdestillation im gewöhnlichen Sinne, sondern um eine Druckdestillation mit dem Zwecke, durch molekulare Umlagerung hochsiedende Öle in benzinähnliche mit niedrigem Siedepunkt überzuführen. Die Destillierblase liegt hierbei in einem mit flüssigem Metall gefüllten, von unten beheizten Behälter. Bei der Behandlung von Braunkohlenteeröl mit einem Druck von 30 bis 40 at bei einer Temperatur von 420 bis 440 °C ist es gelungen, aus Paraffinöl 50 bis 60 vH bis zu 225 °C siedende Öle zu gewinnen.

[N 863] Prockat.

[1]) Vergl. „Glückauf" Nr. 27 (1925) S. 821 bis 831.

Josef Reischle †.

Am 7. August d. J. ist der frühere langjährige Direktor des Bayerischen Revisionsvereins, Geheimer Baurat Josef Reischle, nach langem schweren Leiden entschlafen.

Josef Reischle ist am 5. April 1857 in Weiler im bayerischen Allgäu als Sohn eines höheren Staatsbeamten geboren. Er genoß eine vortreffliche Schulbildung und bezog nach Absolvierung des humanistischen Gymnasiums in Neuburg a. d. Donau die Technische Hochschule in München, an der er im Jahre 1879 seine Studien an der maschinentechnischen Abteilung mit der Hauptprüfung abschloß.

Nach Ablauf seines Militärdienstjahres fand er zunächst als Praktikant bei den Königl. Bayerischen Staatseisenbahnen Beschäftigung; als solcher konnte er sich die vielseitigsten Kenntnisse erwerben. Am 1. August 1884 trat er als Ingenieur in die Dienste des damaligen Bayerischen Dampfkessel-Revisionsvereins. Mit seinen ungewöhnlich reichen Geistesgaben erwarb er sich rasch die Wertschätzung seiner Vorgesetzten und wurde schon bald mit verantwortungsvollen Aufgaben betraut. Er übernahm die Leitung des Revisionsbezirkes Augsburg und später die des Revisionsbezirkes München, bis ihn der damalige Direktor Gyßling zu sich an die Hauptstelle zog. Hier konnte er seine hohe Begabung voll auswirken lassen. Er erkannte frühzeitig den großen Wert eines umfangreichen Erfahrungsaustausches auf dem Gebiete der Sicherheit und der Wirtschaftlichkeit des Dampfkesselbetriebes, und die Schaffung der Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereins darf wohl zum guten Teil als sein Werk bezeichnet werden. Er hat seine Feder auch sofort in den Dienst dieser Zeitschrift gestellt und in allen seinen Veröffentlichungen Wege gewiesen, die den Betrieb und die Überwachung von Dampfkesseln und Dampfgefäßen außerordentlich befruchtet haben.

Mit diesen Arbeiten trat Reischle als der wirkliche Ingenieur vor die Öffentlichkeit, der befähigt und gewillt war, in allen Fragen der Dampfkessel-Gesetzgebung und der Dampfkessel-Überwachung den toten Buchstaben der Vorschrift durch die lebendige technisch-wissenschaftliche Erkenntnis zu ersetzen und damit ein wichtiges Gebiet der deutschen Wirtschaft in seiner freien Entwicklung zu fördern.

Als im Jahre 1903 ein unerwartet rascher Tod dem Direktor Gyßling die Leitung des Vereins aus den Händen riß, hatte sich Reischle das Vertrauen des Vorstandes des Dampfkessel-Revisionsvereins in so hohem Maß erworben, daß dieser ihm neben seinem Kollegen Eberle die Leitung des Vereins übertrug. Es war das gerade zu der Zeit, als der Bayerische Dampfkessel-Revisionsverein sich mit der vom Polytechnischen Verein gegründeten Elektrotechnischen Versuchstation zu einem Bayerischen Revisionsverein verschmolzen hatte und eben das neuerbaute Haus in der Kaiserstraße in München bezog. Das Lebenswerk Gyßlings war vollendet, neue Aufgaben waren zu lösen, neue Wege zu finden.

Zunächst fiel Reischle die Leitung des Sicherheitsdienstes zu, den er von der Warte des hochbegabten Ingenieurs aus bearbeitete und ausbaute.

In seiner Eigenschaft als Direktor des Revisionsvereins war er der bayerischen Regierung ein zuverlässiger, unabhängiger und gewissenhafter Berater, der besonders an den „Allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Landdampfkesseln" vom Jahre 1908, an den bayerischen Dampfkesselverordnungen, an den Azetylenverordnungen usw. überaus tatkräftig und erfolgreich mitgearbeitet hat.

Die hohe Wertschätzung, die er seitens der Regierung genoß, kam im Jahre 1909 zum Ausdruck durch die Verleihung des Titels eines Königl. Baurats, im Jahre 1922 durch die eines Oberbaurats und endlich im Jahre 1924 durch die eines Geheimen Baurats.

Bei der Deutschen Dampfkessel-Normenkommission und in den Berufsverbänden der Dampfkessel-Überwachungsvereine war Reischle immer als führende Persönlichkeit anerkannt. Er hat sich durch gewandte Beherrschung des Stoffes großen Einfluß zu sichern gewußt, den er durch seinen starken, uneigennützigen Charakter erhöht hat.

Auch sonst war der Rat Reischles in den Kreisen der Berufsgenossen gesucht; ganz besonders durfte sich der Bayerische Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure seiner regen Mitarbeit freuen und hat ihm den Dank dafür durch die Ernennung zum Ehrenmitglied zum Ausdruck gebracht. Auch der Akademische Maschineningenieurverein an der Technischen Hochschule München hat ihn zu seinem Ehrenmitglied ernannt. Überall, wo er sonst noch tätig war, wie im Reichskohlenrat, im Landesausschuß des Bayerischen Versorgungsverbandes, sowie bei vielen anderen Stellen, war er überaus beliebt.

In den Zeiten des Krieges und in den schrecklichen Jahren der Inflation hat er seine ganze Kraft für das Bestehen des Revisionsvereins eingesetzt und verzehrt. Treue Sorge um seinen Verein, unbeugsames Pflichtbewußtsein hielten ihn in jenen schweren Tagen davon zurück, mit Rücksicht auf sein hohes Alter seine Lebensarbeit abzuschließen und in den wohlverdienten Ruhestand zu treten, von dem er sich noch manches schöne Jahr in anregender Beschäftigung erhoffte. Aber ein tragisches Geschick streckte ihn in dem Augenblick nieder, wo unsre Währung wieder gefestigt wurde, und ließ ihn nicht mehr gesunden. Nach 40jähriger Dienstzeit mußte er am 1. August 1924 krank und gebrechlich in den Ruhestand treten, und nach einem Jahre des Leidens schloß er die Augen für immer.

Alle, die ihn gekannt haben, und ganz besonders unser Bayerischer Bezirksverein, werden ihn dauernd in hohem Andenken behalten. [P 1004] Rüster.

Bayerischer Bezirksverein Deutscher Ingenieure.

RUNDSCHAU.

Wasserkraftanlagen.

Das Innwerk.

Am 6. September hat nach fünfjähriger Bauzeit, wobei große technische und finanzielle Schwierigkeiten zu überwinden waren, das dem Deutschen Reich und dem bayerischen Staat gehörende Innwerk bei Töging, Oberbayern, seinen Betrieb aufgenommen. Über die Wasserturbinen dieses Werkes wird auf S. 1399 dieses Heftes eingehend berichtet; über die Anlage im allgemeinen sei ergänzend dazu folgendes mitgeteilt:

In den Kraftanlagen wird die Gefällstufe des Inn zwischen Jettenbach und Töging ausgenutzt. Eine Wehranlage bei Jettenbach staut den Inn um rd. 6,5 m; der an das Wehr anschließende Oberwasserkanal ist 20 km lang und vollkommen ausbetoniert. Der Kanal endet in einem 120 m breiten Becken vor der natürlichen Geländestufe bei Töging, an deren Fuß in einem Turbinenhause rd. 300 m³/s Wasser bei 31,5 m mittlerem Gefälle verarbeitet werden. Ein 2,8 km langer Unterwasserkanal schließt sich an.

Vom Wasserschloß fließt das Wasser durch 15 je 4 m weite und 50 m lange aus Siemens-Martin-Stahlblech von 13 mm Dicke hergestellte Rohrleitungen 15 Turbinen zu. Sieben Gleichstrom- und acht Drehstromerzeuger sind aufgestellt; Welle, Lager, Grundplatte und bis auf die Laufräder auch die Turbinen sind gleich ausgebildet worden. Die Gleichstrommaschinen leisten bei 150 Uml./min je 5775 bis 6375 kW bei 385 bis 425 V und je 15 000 A. Die Drehstromerzeuger leisten bei 214 Uml./min je 8200 kVA, entsprechend 5750 kW bei $\cos \varphi = 0{,}7$, und liefern 6600 V Spannung; je eine Erregermaschine von 92 kW und 220 V Spannung ist den Drehstromerzeugern angebaut. Bei einer Gesamtleistung der Anlage von etwa 100 000 PS werden jährlich rd. 500 Mill. kWh erzeugt. Die Bedeutung dieser Zahl ist daraus ersichtlich, daß die Gesamtarbeit aller deutschen Elektrizitätswerke für 1925 etwa mit 11 Milliarden kWh anzunehmen ist.

Im Krafthause werden von den Maschinenwärtern nur die Turbinen angelassen und abgestellt und die Maschinensätze überwacht. Die Gleich- und Drehstromerzeuger werden in besonderen Befehlsräumen, die mit den zugehörigen Schaltanlagen verbunden sind, geregelt; von hier aus werden die Befehle zum Krafthaus durch optische und akustische Signale übermittelt.

Der Gleichstrom wird in Aluminiumleitungen der dem Krafthaus auf der andern Seite des Unterwasserkanals gegenüberliegenden Aluminiumfabrik zugeführt, wo in elektrischen Öfen die Tonerde geschmolzen und Aluminium gewonnen wird. In einer anschließenden Gießerei erhält das umgeschmolzene Metall die handelsübliche Barrenform. Der Drehstrom von 6000 V wird in einem Schalthaus durch zwei Kerntransformatoren von 30 000 und 15 000 kVA Leistung auf 100 000 V hochgespannt und durch zwei Fernleitungen, die auf gemeinsamem Gestänge angeordnet sind, nach der etwa 13 km entfernten Karbidfabrik Hart der bayerischen Kraftwerke geführt, wo reiner Stickstoff erzeugt wird.

Um bei Störungen in der Kraftanlage dem im Kanal noch zufließenden Wasser einen gefahrlosen Abzug zu verschaffen, sind bei Kilometer 6 des Kanals und im Wasserschloß Entlastungsanlagen eingebaut. Diese Anlagen saugen eine Wassermenge von 125 und 110 m³/s ab, wobei die im Wasserschloß abgesogene Wassermenge durch drei Grundablässe auf 150 m³/s erhöht werden kann. Die Energie der in der Entlastungsanlage des Wasserschlosses abstürzenden Wassermassen wird in einem neuerdings wiederholt angewandten Energievernichter besonderer Konstruktion dadurch verzehrt, daß die Wassermassen in zwei seitlichen und einem mittleren Strahl durch geeignete Führungsflächen aufeinanderprallen und sich zerwirbeln.

[N 1005] Gw.

Maschinenteile.

Die Schlaggrenze selbsttätiger Pumpenventile.

Über den Ventilschlag sind eine Reihe von Versuchsarbeiten veröffentlicht worden, ohne daß eine für den Konstrukteur unmittelbar verwertbare Beziehung von einiger Allgemeingültigkeit aufgestellt worden wäre. Bei gelegentlicher Beschäftigung mit dieser Frage zeigte sich, daß doch eine gewisse Gesetzmäßigkeit vorliegt. Es bezeichne:

- n die Drehzahl der Pumpe in Uml./min,
- u_m die mittlere Kolbengeschwindigkeit in m/s,
- l den nutzbaren Ventilumfang am Wasseraustritt in m,
- G_w das Ventilgewicht im Wasser in kg,
- f_s die „Prellfläche" des Ventils, d. h. die beim Aufsitzen des Ventils überdeckte Ventilspiegelfläche in cm², gemessen senkrecht zur Ventilbewegung,
- δ den halben Spitzenwinkel beim Kegelventil,
- P die gesamte Ventilbelastung in geschlossener Stellung in kg.

Trägt man das Produkt

$$S = \frac{n\, u_m \sqrt{G_w}\, \sqrt{f_s}\, \sin^2 \delta}{l}$$

als Funktion von P auf, so besteht ein ausgesprochen linearer Zusammenhang zwischen S und P. In Abb. 1 sind aus der Arbeit von C. Bach, „Versuche zur Klarstellung der Bewegung selbsttätiger Pumpenventile"[1]), die für die Grenze des rechtzeitigen Ventilschlusses ermittelten Werte von S über P aufgetragen. Die Gerade $S = 1100\,(P - 0{,}15)$ gibt einen befriedigenden Ausgleich. In Abb. 2 sind die Versuchsergebnisse von H. Berg über federbelastete Ventile auf S. 156 seines Buches „Die Kolbenpumpen"[2]) zusammengestellt, die sich der Beziehung $S = 1000\,P$ sehr gut anschließen. Die in Abb. 1 zum Vergleich eingezeichnete gestrichelte Linie entspricht den Bergschen Ergebnissen.

In Anbetracht der Schwierigkeit einer genauen Feststellung der Schlaggrenze ist die Streuung der Punktreihen erklärlich und die Übereinstimmung beider sehr sorgfältig durchgeführter Versuchsreihen untereinander ausreichend, um dem Konstrukteur die Vorausbestimmung der Schlaggrenze mit einiger Sicherheit zu ermöglichen.

Auf eine dynamische Begründung der Gleichung und Eingehen auf weitere Einzelheiten kann wohl mit Rücksicht auf die Bedeutung der Frage verzichtet werden. Die Beziehung

$$S = k\,(P - P_0),$$

worin P_0 etwa als Führungswiderstand zu deuten ist und der Festwert k etwa den Wert 1000 hat, mag also lediglich

[1]) Z. Bd. 30 (1886) S. 421.
[2]) H. Berg, Die Kolbenpumpen, Berlin 1921, Julius Springer.

Zahlentafel 1. Versuche von Bach.

Nr.	$n u_m$	G_w	l	f_s	P	S	
1	8,85	1,041	0,1885	8,64	0,2805	140,7	Tellerventil mit oberer Führung
2	35,86	1,041	0,1885	8,64	0,7710	570,0	
3	9,30	0,259	0,1885	8,64	0,1685	73,9	
4	42,20	0,933	0,1885	8,64	0,7295	634,0	
5	71,80	1,709	0,1885	8,64	1,4910	1460,0	
6	42,00	1,709	0,1885	8,64	0,9045	855,0	
7	33,38	0,999	0,2325	23,40	0,802	695,0	Tellerventil mit breiter Sitzfläche
8	55,77	1,775	0,2325	23,40	1,576	1546,0	
9	17,70	0,359	0,1654	8,64	0,336	188,5	Tellerventil mit unterer Führung
10	46,50	1,033	0,1654	8,64	0,827	841,0	
11	65,50	1,809	0,1654	8,64	1,602	1565,0	
12	81,50	0,945	0,1885	8,64	0,708	618,0	Kegelventil mit eben. Unterfläche
13	18,61	0,271	0,1885	8,64	0,198	75,6	
14	88,40	1,110	0,1885	8,64	0,890	715,0	Voll-Kegelventil
15	24,00	0,436	0,1885	8,64	0,297	123,4	
16	23,46	0,436	0,1885	8,64	0,263	120,7	

Abb. 1. Versuchsergebnisse über die Schlaggrenze selbsttätiger federbelasteter Pumpenventile.
Ausgezogene Linie: Versuche von C. Bach.
Gestrichelte Linie: Versuche von H. Berg.

Zahlentafel 2. Versuche von Berg.

a) schwache Belastung

Nr.	$n\,u_m$	G_w	l	f_s	P	S
I	125,6	0,435	0,251	10,85	1,030	1140
II	160,1	0,564	0,314	17,94	1,894	1630
III	230,4	0,660	0,471	14,09	1,375	1510
IV	320,1	0,960	0,754	22,62	1,700	1980
V	430,5	2,530	1,495	44,71	3,345	3450
VI	510,3	2,680	2,242	67,26	3,510	3370
b) starke Belastung						
I	247,0	0,435	0,251	10,85	2,032	2175
II	268,5	0,564	0,314	17,94	3,170	2720
III	407,0	0,660	0,471	14,09	2,379	2640
IV	736,0	0,960	0,754	22,62	4,032	4540
V	953,0	2,530	1,495	44,71	6,722	6790
VI	1013,0	2,680	2,242	67,26	6,179	6080

als statistische Zusammenfassung der angezogenen Versuchsreihen gelten, die bezweckt, dem Konstrukteur Anhaltpunkte für die Ventilberechnung zu geben.

Zahlentafeln 1 und 2 geben die Grundlagen für die Aufzeichnung von Abb. 1 und 2. [M 734]

Stuttgart. E. Braun.

Abb. 2. Versuchsergebnisse von H. Berg über federbelastete Ventile.

Eisenbahnwesen.

Kohlenstaub-Förderwagen.

Die Waggonfabrik J. P. Gossens, Lochner & Co., Brand bei Aachen, beschäftigt sich seit einer Reihe von Jahren mit der Frage des Kohlenstaubversandes und hat zusammen mit der Kohlenstaub-G. m. b. H. mehrere Wagenbauarten für diesen Zweck ausgebildet.

Abb. 3 bis 6 stellen einen von diesen Firmen gebauten Wagen dar, der in der Herstellung wesentlich billiger als der Dreibehälterwagen ist, obgleich er auf demselben Entleerungsgrundsatz beruht.

Bei diesem Wagen wird das normale Untergestell nach Musterblatt A I der Deutschen Reichsbahn verwendet, wie es auch für andere Kesselwagen in Anwendung ist. Auf ihm ist der Behälter in gewohnter Weise nach Vorschrift der Reichsbahn befestigt. Der liegende, ungeteilte Kessel *a* hat zylindrische Form und der untere Teil des Behältermantels geht in drei trichterförmige Kübel *b* über, so daß er dieselbe Wirkung ausübt, wie ein Wagen mit drei einzelnen Behältern. Die drei kegelig verlaufenden Bodentrichter haben die Gestalt von abgestumpften Pyramiden, deren Seitenwände durchweg eine Neigung von 47° gegen die Wagerechte aufweisen. Der gesamte untere Teil des Behälters besteht infolgedessen der ganzen Länge und Breite nach nur aus geneigten Flächen, so daß das Ladegut keine Ablagegelegenheit findet und restlos herabgleiten muß. Der Inhalt des Kessels beträgt 32 m³ gleich 14 bis 15 t Braunkohlenstaub vom spezifischen Gewicht 0,5 und 17 t Steinkohlenstaub vom spezifischen Gewicht 0,6. Das Eigengewicht des Wagens beläuft sich auf 12,1 t.

a liegender Kessel
b trichterförmiger Kübel
c Mannlochöffnungen
d Hauptförderstutzen
e Druckluftanschluß
f Trichterhahn
g Förderleitung
h Handkurbelvorrichtung.

Abb. 4 bis 6. Kohlenstaub-Förderwagen mit einteiligem Behälter und drei Entladetrichtern.

Abb. 3. Kohlenstaub-Förderwagen mit normalem Untergestell, einteiligem Behälter und drei Entladetrichtern.

Abb. 7. Lastwagenanhänger zur Beförderung von Kohlenstaub, Kohlenstaub-G. m. b. H. und J. P. Gossens, Lochner & Co.

Der obere Kesselmantel ist mit zwei Mannlochöffnungen *c* zum Füllen des Kessels versehen. Hierzu dient ein besonderer Domdeckel, der an der Füllstelle vorhanden ist und an den die Staub- und Entlüftleitungen angeschlossen sind. Dieser Deckel wird auf die Domdeckelabdichtung gelegt, wodurch eine genügende Abdichtung für das Füllen erreicht wird. Nachdem der Kessel durch beide Domöffnungen genügend mit Staub gefüllt ist, wird der Wagen durch die am Kessel angebrachten Domdeckel luftdicht verschlossen.

Zum Entleeren des Behälters dient Druckluft, da man hiermit ganz ohne Gefahr arbeiten kann und die Anlage billiger als bei Saugluft ist. Zum Anschluß des im Werke vorhandenen Förderschlauches von 50 mm l. W. ist an der Kopfseite des Kessels ein Hauptförderstutzen *d* vorgesehen, der gleichzeitig mit einem Hahn für Druckluftanschluß *e* vereinigt ist. Die Trichterförderhähne *f* sind an eine gemeinsame Förderleitung *g* angeschlossen. Die Hähne können, um die Trichter der Reihe nach zu entleeren, einzeln oder zusammen durch eine geeignete Handkurbelvorrichtung *h* von der Seite des Wagens bedient werden. Diese Hähne haben den Zweck, in der angeschlossenen Werkleitung erst eine Ansaugwirkung einzuleiten, um den Staub in Fluß zu bringen, und erst bei weiterer Öffnung die Saugwirkung in die Druckwirkung umzusetzen. Der Staubfluß kann durch ein in die Förderleitung eingeschaltetes Schauglas beobachtet werden. Die Entleerungsdauer für 15 t beträgt etwa 40 min bei 2 at Überdruck der mittels eines Kompressors von 80 m³/h gelieferten Luft. Bei einem vorhandenen Druck von 7 bis 8 at aus einer Werkstattanlage wird der Druck mit einem Ventil entsprechend herabgesetzt. Die längste zulässige Rohrleitung für die Zuführung des Staubes zur Verbrauchstelle beträgt 1200 m bei mindestens 2″ weiter Leitung.

Nachdem nunmehr alle Schwierigkeiten für die Einführung der Kohlenstaubwagen bei der Deutschen Reichsbahn behoben sind, ist die Firma damit beschäftigt, einen 20 t-Wagen mit 46 m³ Inhalt zu bauen, dem ein 35 t-Wagen mit Kessel von 70 m³ Inhalt, der mit drei Achsen ausgeführt wird, folgen soll.

Für Fälle, in denen der Kohlenstaubverbrauch nicht sehr groß ist und die Stauberzeugerstätte nahe beim Verbraucher liegt oder der auf dem Bahnhof ankommende Waggon wegen fehlenden Bahnanschlusses dem Verbraucher nicht zugestellt werden kann, hat die Firma einen Lastwagenanhänger gebaut, Abb. 7. Mit diesen Wagen lassen sich Lastwagenzüge, bestehend aus einem Motorlastwagen und zwei Anhängern, bilden, die imstande sind, 12 bis 15 t Staub unmittelbar von der Grube oder Zeche heranzuschaffen. Der Motorlastwagen ist mit einer Kompressoranlage versehen, die, vom Lastwagenmotor aus angetrieben, den erforderlichen Druck für die Entleerung erzeugt.

Zur Kostenfrage der Kohlenstaubbeförderung ist zu bemerken, daß sich die Verladekosten im Sonderwagen ausschließlich Frachtkosten auf 32 ₰/t stellen. Der Rohstoffpreis für eine Tonne Kohlenstaub ist ungefähr gleich dem jeweiligen Brikettpreis. Die Fracht ist nach der Entfernung ohne Frachtbasis zu zahlen. Mit diesen Preisen dürfte die Kohlenstaubfeuerung gegenwärtig wirtschaftliche Erfolge gewährleisten. [M 49]

Berlin. Przygode, Reg.-Baumstr. a. D.

Werkstoffbearbeitung.

Warm- oder Kaltbiegen von Kupferrohren.

Im Verlaufe des Krieges und in der Nachkriegszeit sind in mechanischen Werkstätten, Kupferschmieden usw. vielfach Gas- oder Schweißbrenner zur Einführung gekommen. Damit mag es zusammenhängen, daß man heute sehr viel mehr Kupferrohre warm biegt, als dies früher der Fall war. Gefühlsmäßig neigt auch der Techniker zu der Ansicht, daß das Kupferrohr beim Warmbiegen weniger beansprucht würde als beim Kaltbiegen. Man wurde in dieser Meinung um so mehr bestärkt, als beim Eisenrohr, das ja ausschließlich warm gebogen wird, diese Meinung zutreffend ist. Das Schaubild der Warmdehnung, Abb. 8, läßt sofort den grundsätzlichen Unterschied erkennen. Denn während Flußstahl bei 200 °C seine geringste Dehnung hat, steigt diese nahezu stetig bis 600 °C auf 99 vH an. Ebenso, wenn auch in geringerem Maße, steigt die Dehnung mit der Temperatur bei Aluminium. Kupfer dagegen zeigt zwischen 200° und 300 °C einen mehr oder weniger steil abfallenden Verlauf der Dehnung.

Abb. 8. Dehnung von Eisen, Kupfer und Aluminium bei höheren Temperaturen.

a Flußstahl. Versuche von Martens und Rauh, s. Hütte 23. Aufl. S. 486.

b Rudeloff-Kupfer. Versuch aus der mechan.-techn. Versuchsanstalt zu Berlin; Stehbolzenkupfer mit 0,3 vH Verunreinigung. Mitt. über Forschungsarbeiten Heft 13.

c Elektrolytkupfer HKW. Versuch aus dem Laboratorium des Heddernheimer Kupferwerkes. Elektrolytkupfer von 99,97 vH Cu und 0,015 vH O. Proben wurden vor dem Versuch bei 700° ausgeglüht und in Wasser abgeschreckt. Zerreißgeschwindigkeit etwa 30 mm/min.

d Stehbolzenkupfer HKW. Versuch aus dem Laboratorium des Heddernheimer Kupferwerkes. Stehbolzenkupfer von 99,61 vH Cu, 0,08 vH As, 0,20 vH Ni, Spur Pb und Sn, 0,005 vH O. Zerreißgeschw. etwa 30 mm/min.

e Aluminium T. H. Darmstadt. Versuch aus dem mechanischen Laboratorium der Techn. Hochschule Darmstadt. Zusammensetzung der Bleche: 98,835 vH Al, 0,47 vH Fe, 0,66 vH Si, 0,02 vH Zn, 0,015 vH Cu. Zerreißgeschw. 5 mm/min.

In dem Schaubild sind drei verschiedene Dehnungskurven angeführt, die den abfallenden Verlauf der Warmdehnung bei Kupfer augenfällig zeigen. Unter diesen drei Dehnungskurven ergibt die von Rudeloff[1]) den geringsten Wert von etwa 12 vH bei 600 °C. Da dieses Kupfer nur 0,3 vH Verunreinigung aufweist, also nahezu einem Elektrolytkupfer entspricht, so ist anzunehmen, daß die Verminderung der Warmdehnung mit steigender Temperatur den allgemeinen physikalischen Eigenschaften des Kupfers entspricht, so daß also, wenn auch die Werte der beiden andern Kurven wesentlich höher liegen, für die zulässige Höchstbeanspruchung beim Biegen mit der ungünstigsten Dehnungslinie gerechnet werden muß.

Unter der Voraussetzung, daß der Querschnitt während des Biegens unverändert bleibt, soll nachstehend der zulässige Biegehalbmesser r_0 berechnet werden:

Die Marinevorschrift sieht für Kaltbiegeproben bei Kupferrohren den Biegehalbmesser r_0, Abb. 9, für Rohre unter 40 mm Dmr. mit $r_0 = d$, für Rohre über 40 mm Dmr. mit $r_0 = 1{,}5\,d$ vor. Nimmt man $r_0 = 1{,}25$ an, so berechnet sich das Dehnungsverhältnis der Außenfaser gegenüber der neutralen Achse zu $\frac{r_2}{r_1}$ entsprechend

$$\frac{d\,(1{,}25 + 1)}{d\,(1{,}25 + 0{,}5)} = \frac{2{,}25}{1{,}75} = 1{,}285\,.$$

Für die Bogenlänge $r_1 = 100$ wird die Bogenlänge $r_2 = 128{,}5$, oder die Dehnung beträgt 28,5 vH.

Nimmt man die Bruchdehnung von geglühtem Kupfer zu 40 vH an, so beträgt die Sicherheit gegen Bruch beim Kaltbiegen des Rohres

$$\frac{40}{28{,}5} = 1{,}4\,.$$

Da für Warmbiegen nur 12,5 vH Dehnung zulässig ist, muß bei gleicher Sicherheit gegen Bruch sein:

$$12{,}5 = 1{,}4\,x; \quad x = \frac{12{,}5}{1{,}4} = 8{,}9 \text{ vH}.$$

[1]) Vergl. Forschungsheft 13.

Es muß also werden:

$$\frac{r_2}{r_1} = 1{,}089 \quad \text{oder} \quad r_2 = r_1 \cdot 1{,}089,$$

$$r_1 = r_2 - \frac{d}{2},$$

$$r_2 = r_2 \cdot 1{,}089 - \frac{d}{2}\,1{,}089,$$

$$r_2\,(1{,}089 - 1) = \frac{d}{2}\,1{,}089,$$

$$r_2 = \frac{d}{2} \cdot \frac{1{,}089}{0{,}089} \cong 6\,d$$

oder $\underline{r_0 \cong 5\,\text{d}}$.

Abb. 9. Schema des Biegehalbmessers für Kaltbiegeproben bei Kupferrohren.

Nimmt man für Elektrolytkupfer 20 vH Dehnung bei 600 ° an, was aber keineswegs gewährleistet ist, so tritt der Bruch ein bei einem Halbmesser r_0, der sich berechnet aus:

$$\frac{r_2}{r_1} = 1{,}2; \quad r_2 = r_1 \cdot 1{,}2; \quad r_2 = \frac{d \cdot 1{,}2}{2 \cdot 0{,}2} = 3\,\text{d};$$

$$\underline{r_0 = 2\,\text{d}}.$$

Aus dieser Betrachtung ergibt sich folgendes: Man soll die vorzügliche Kaltbearbeitfähigkeit des Kupfers benutzen und Kupferrohre nur kalt biegen. Damit werden die Kosten des Biegens erheblich vermindert und die Schädigung des Kupfers infolge Überhitzung ausgeschlossen. Ist das Kupferrohr durch Kaltbearbeiten verfestigt, so glühe man es an der zu biegenden Stelle, möglichst im Holzkohlenfeuer, bei etwa 650 °C aus und kühle es im Wasser ab. Das Rohr wird dann mit Sand gefüllt und in der üblichen Weise kalt gebogen. Ist man mit Rücksicht auf die Größe des Querschnittes gezwungen, ein Kupferrohr warm zu biegen, so wähle man den Biegungshalbmesser r_0 nicht kleiner als $5\,d$ und sorge dafür, daß die Temperatur des Rohres während des Biegens unterhalb 600 °C bleibt. [M 721]

Frankfurt a. M. L. Weiß.

Kleine Mitteilungen.

Dieselelektrische Triebwagen in Kanada.

Auf den kanadischen Bahnen sind bereits seit längerer Zeit Triebwagen mit Dieselmotoren im Betrieb. Die Eisenbahngesellschaft St. Charles in Montreal besitzt sieben Einzel- und neun Doppelwagen (Triebwagen mit Anhänger). Die ersteren sind 18,2 m lang und bieten 57 Sitzplätze, die Doppelwagen haben 31 m Länge bei 126 Sitzplätzen. Die Motoren leisten je 185 PS_e in vier bzw. 340 PS_e in acht Zylindern. Die Rückkühler für Öl und Wasser sind auf dem Wagendach angebracht. Bei den zufriedenstellend abgelaufenen Versuchen erreichte der Doppelwagen eine Geschwindigkeit von 65 km/h nach 120 s. Die Betriebkosten betragen etwa 1/7 derjenigen bei entsprechendem Dampfbetrieb. („The Engineer" 23. Oktober 1925 S. 430/31*.) [1074 a] G.

Umstellung einer spanischen Gebirgsbahn auf elektrischen Betrieb.

Die „Rampa de Pajares", eine Gebirgsbahn im nördlichen Spanien, die von der Küste über das cantabrische Gebirge ins Innere des Landes führt und hauptsächlich der Kohlenbeförderung dient, wird jetzt mit elektrischen Lokomotiven betrieben. Die Strecke hat auf einer Länge von 26 km eine Steigung von fast 20 vT. Die Lokomotiven werden mit Gleichstrom von 3000 V Spannung angetrieben, der ihnen durch eine Fahrleitung mit einfacher Vielfachaufhängung zugeführt wird. Der Strom wird wie üblich durch die Schienen zurückgeleitet, denen zur Verminderung von Störungen in Schwachstromleitungen ein Kupferseil parallel geschaltet ist.

Die Lokomotiven (AAA + AAA) haben sechs Motoren von zusammen 1620 PS Leistung und fahren bei 330 t Zuggewicht mit 34,7 km/h Geschwindigkeit. Sie weisen bei 80 t Dienstgewicht 13,33 t Achsdruck auf. Durch die Umstellung auf elektrischen Betrieb konnte der Verkehr gegenüber Dampfbetrieb auf das 1,5fache gesteigert werden und kann durch Vermehrung der Lokomotivzahl noch weiter erhöht werden. (Schweiz. Bauzeitung 24. Oktober 1925 S. 214.) [N 1074 b] Js.

Flugversuche des Ciervaschen Schraubenflugzeuges.

Auf Veranlassung des englischen Luftfahrtministeriums hat der Spanier Don Juan de la Cierva sein Hubschraubenflugzeug in der vergangenen Woche in England vorgeführt. Die Versuche, ein Flugzeug zu bauen, das sich senkrecht vom Boden erhebt, haben zu praktischen Ergebnissen noch nicht geführt. Das Ciervasche Flugzeug kommt aber dem Endziel schon näher. Es hat einen 110 PS-Le-Rhone-Motor, der wie bei jeder gewöhnlichen Maschine eine Zugschraube antreibt. Die Tragflächen sind durch eine vierflügelige Hubschraube ersetzt, die jedoch nicht vom Motor betätigt, sondern mechanisch angeworfen wird. Sie steigert ihre Umlaufzahl mit der wachsenden Geschwindigkeit des abrollenden Flugzeuges und macht etwa 140 Uml./min, wenn das Flugzeug sich mit rd. 50 km/h vorwärts bewegt. Der Steilaufstieg kommt durch das Zusammenwirken beider Schraubenkräfte zustande; Höhen- und Seitensteuerung entsprechen dabei dem gewöhnlichen Flugzeug. Kennzeichnend für die äußere Form des Flugzeuges sind zwei ruderblattähnliche Flächen, die, an zwei seitlichen, am Kiel angebrachten Auslegern befestigt, ein Drehen des ganzen Flugzeuges um die Senkrechtachse verhindern sollen. Die größte Geschwindigkeit des Schraubenfliegers betrug bei den Versuchsflügen 108 km/h, die geringste 48 km/h. Beim Landen verringerte sich die Geschwindigkeit in der Fluglinie infolge der Einwirkung der Hubschraube auf rd. 20 km/h. („Engineering" 23. Oktober 1925 S. 521*.) [N 1074 c] Kd. M.

Die Wettbewerbfähigkeit der englischen Schiffbauindustrie.

Ein aus englischen Schiffbaufachkreisen aus Anlaß der Inbaugabe von fünf Motorschiffen durch die Firma Furness, Withy & Co. an die Deutsche Werft, Hamburg, gewählter Ausschuß gab eine Gegenüberstellung der Löhne, die in Hamburg und am Tyne gezahlt werden, und stellte fest, daß der Preisunterschied von 60 000 £ zwischen dem niedrigsten englischen und dem Angebot der deutschen Werft nicht auf Lohnunterschiede allein zurückgeführt werden kann. Auch eine bessere Organisation oder Überlegenheit im Schiffbau auf seiten der deutschen Werft gegenüber englischen kommt nach dem Bericht als Grund für das niedrigere deutsche Angebot nicht in Frage. („The Engineer" 23. Oktober 1925 S. 143.) [N 1074 d] W. S.

Versuchsanlage für 2 Mill. Volt.

An der Hochschule Starford, U. S. A., ist unter Leitung von Prof. Ryan eine Prüffeldanlage im Bau, die hauptsächlich der Untersuchung der Energieübertragungsverhältnisse in Kalifornien dienen soll. Das neue Gebäude wird ganz aus Eisen bestehen und etwa 53 m lang sowie 24,5 m breit sein. Das Dach ruht in 15,2 m Höhe auf Konsolen, so daß das Innere frei von tragenden Teilen ist. Auf einem Raum von 36,5 m Länge und 24,5 m Breite sollen sechs von der General Electric Co. erbaute Transformatoren von je 350 000 V Oberspannung aufgestellt werden, die je rd. 22 t wiegen. Mit ihnen können je nach Belieben 2,1 Mill. V Spannung

bei Einphasenstrom oder 1,2 Mill. V bei Drehstrom und entsprechend geringere Spannungen erzeugt werden. Um schädliche Entladungen und Überschläge zu vermeiden, hat man für die verschiedenen Anschlußstellen Zwischenräume von rd. 6,2 m vorgeschrieben. Aus diesem Grunde sind in den für die Schaltanlage bestimmten Raum drei quadratische Tore von 12,2 m Seitenlänge eingebaut worden, durch deren Öffnungen je nach Bedarf die Schaltanlagen ins Freie hinaus verlängert werden können. („Electrical World" 10. Oktober 1925 S. 745*.) [N 1074 c] Sd.

Schlagfestigkeit und Temperatur.

H. Greaves und A. Jones haben im Anschluß an umfangreiche Versuche an Nichteisenmetallen verschiedene Eisen- und Stahlsorten in bezug auf ihre Schlagfestigkeit bei Temperaturen von — 80° bis rd. 1000 °C untersucht. Die Abmessungen der Probestäbe betrugen 10 × 10 × 60 mm, die Kerbe hatte 45° und 2 mm Tiefe. Benutzt wurde eine Charpy-Prüfmaschine für 30 kg/m. Untersucht wurden schwedisches Stabeisen, Armco-Eisen und verschiedene Stahlarten neben rostfreiem (stainless) Stahl. Die Kurven der Schlagfestigkeit verlaufen übereinstimmend von einem Höchstwert (0 bis 200 °C) über einen Mindestwert zu einem zweiten Höchstwert (600 bis 800 °C). Die höchsten Werte der Kerbzähigkeit wurden erreicht bei einem Flußstahl (0,18 vH C, 0,034 vH S, 0,041 vH P), Kohlenstoffstahl (0,45 vH C, 0,034 vH S, 0,057 vH P) und einem Ni-Cr- und Cr-V-Stahl. Übereinstimmung mit andern Ergebnissen in Deutschland (Z. 1925 Nr. 41 S. 1308) mangelt noch. („Engineering" 23. Oktober 1925 S. 524*)
[N 1074 f] Wf.

Herstellung von Spiralbohrern durch Schmieden.

Die Herstellung von Spiralbohrern durch Schmieden hat den doppelten Vorteil der Werkstoffersparnis und der größeren Festigkeit des Bohrers, da die Struktur durch den Fräser nicht zerschnitten wird. Zum Schmieden der Nuten wird mit guten Ergebnissen eine Maschine verwendet, deren wesentliche Bestandteile zwei Paar einander gegenüberliegende segmentförmige Scheiben sind. Der Umfang der wagerechten Scheiben ist mit einer halbkreisförmigen Nute versehen und gibt dem Bohrer die äußere Form; die senkrechten Scheiben passen die Nut in den Rohling ein. Die Scheiben schwingen mit ungefähr 60 Hin- und Hergängen in der Minute und können durch einen Fußhebel allmählich einander genähert werden. Auf dieser Maschine entsteht ein gerade genuteter Bohrer; gleichzeitig wird der Werkstoff um 20 bis 30 vH gestreckt. Auf einer zweiten Maschine, die zwei gegeneinander verdrehbare und mit der Form des genuteten Bohrers entsprechenden Öffnungen versehene Scheiben hat, wird der Bohrer verdrillt. Danach kommt er auf eine Rollmaschine, die aus einer Hobelmaschine hergestellt ist. Hier wird er zwischen zwei parallelen Platten gerollt und erhält so die gleichmäßige Rundung. („American Machinist" 24. Oktober 1925 S. 469/71*.)
[N 1074 g] Hä.

Neues Torfbehandlungsverfahren.

Dr. Perkin hat in der Sektion B der British Association über ein neues von ihm entwickeltes Torfverfahren berichtet. Der dem Moor entnommene Torf wird in einem Behälter aufgelöst. Nach Durchlaufen von mit Zähnen versehenen und glatten Walzenpaaren wird die Masse in einen kegelförmig ausgebildeten Schneckenförderer vorwärts gepreßt, wobei 25 vH der im Torf enthaltenen Wassermenge herausgedrückt werden. Aus dem Förderer wird die Masse in einen Autoklaven von 14 m³ Rauminhalt gedrückt, wo sie unter Umrühren durch Dampf von 5 at erhitzt wird. Nach genügender Durchwärmung wird der Bodenschieber geöffnet und die Masse in einen senkrechten Trichter entleert, wobei durch die plötzliche Druckänderung noch ungelöste Teile zerkleinert werden. Ein wagerechter Förderer bringt die Torfmasse zu Entwässerungsfiltern und Becherförderern, die getrocknete Masse zu einer mit 630 at arbeitenden Brikettpresse. Die so hergestellten Briketts haben eine Feuchtigkeit von 20 vH und die Festigkeit der Braunkohlenbriketts. Die Anlage wird elektrisch angetrieben, die elektrische Energie wird durch Torfgas erzeugt. Zu einem ununterbrochenen Betrieb sind zwei Autoklaven notwendig. („Engineering" 23. Oktober 1925 S. 528.) [N 1074 h] Gw.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Organisation der Maschinenfabrik. Ein Beitrag zur Betriebslehre von Fritz Wolfensberger, beratendem Ingenieur in Zürich. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 193 S. m. 58 Abb. Preis 10 M.

Nach einer Einführung in die Organisation einer Maschinenfabrik, in der nach einer Schilderung der Widerstände, die der Organisator findet, das Wesen der Organisation durchweg zutreffend dargestellt und allgemeine Darlegungen über den Organisationsplan und die Organisierung der Maschinenfabrik gebracht sind, werden zunächst in zwei Kapiteln allgemeiner gehaltene Darlegungen über „Wirtschaftskalkulation oder der Kalkulationsspiegel der wirtschaftlichen Faktoren" und „Theorie als Richtschnur für die Praxis der Werkleitung" gegeben. Es folgen dann in den Hauptteilen „Lohn und Zeitkontrolle im Werkstattbetriebe", „Die Selbstkostenrechnung", „Die Sicherung der Lieferfristen" und „Statistische Buchhaltung".

Heute muß ein neues allgemein gehaltenes Werk über die Organisation von Maschinenfabriken einmal den wertvollen Ergebnissen der Literatur der letzten zehn bis zwanzig Jahre hinreichend Beachtung, wenn auch vielleicht nicht durchweg Zustimmung widmen, anderseits muß die Betrachtung durchweg von einer höheren Warte aus erfolgen, und schließlich müssen auf Grund der Persönlichkeit des Verfassers aus wirklichem Erleben die Richtlinien herausgearbeitet werden, nach denen jeder im vorliegenden praktischen Falle handeln soll.

Legen wir diesen Maßstab an das Wolfensbergersche Buch, so müssen wir sagen, daß niemand diese Schrift aus der Hand legen kann, ohne den Eindruck zu gewinnen, daß das, was der Verfasser gibt, aus einer wertvollen Praxis heraus erwachsen ist. Darum wird man ihm auch gern glauben (auch ohne daß er dafür das Zeugnis andrer besonders anzuführen brauchte), daß er gute Erfolge mit seinem Verfahren erzielt hat, und es mag unbeachtet bleiben, daß er mehr als das sonst in solchen Werken üblich und wünschenswert ist, die eigene Person in den Vordergrund schiebt.

Wie wenig Wolfensberger selbst von „Rezeptbüchern" hält, die gerade in dieser Richtung unsres Schrifttums ihr Unwesen treiben, geht aus der ganzen Tendenz seines Buches zur Genüge hervor, namentlich aus dem ersten, allgemeiner gehaltenen Teil. Um so bedauerlicher ist es, daß er in dem zweiten der vier Kapitel, die sich mit Einzelfragen beschäftigen, es zu wenig hervortreten läßt, daß er nur Beispiele gibt, wie man es machen kann, nicht wie man es machen muß: die immer wiederkehrende Bezeichnung „System" kann man in diesem Zusammenhang nur bedauern.

Am wenigsten ist Wolfensberger der ersten der obigen drei Forderungen gerecht geworden: er hat sich mit dem, was die letzten Jahre als Ergebnis der literarischen Auseinandersetzung gebracht haben, anscheinend nur wenig beschäftigt, sonst könnte er die doch heute fast allgemein übernommene Terminologie des Grundplans der Selbstkostenberechnung des AWF nicht gänzlich unberücksichtigt lassen — soll das früher so beliebte Aneinandervorbeireden infolge der Unterlegung verschiedener Begriffe unter denselben Ausdruck denn in alle Ewigkeit weitergehen? —, er könnte nicht von den wertvollen Peiserschen Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Buchhaltung und Nachkalkulation völlig absehen, den Unterschied zwischen Vor- und Nachrechnung nur so verschwommen kennzeichnen usw.

Trotz dieser Einwände und noch so mancher, die man in Einzelheiten zu machen hätte — die Befürwortung des Durchschnitts-Unkostenzuschlages in dem Umfange, wie es Wolfensberger tut, scheint mir zu weitgehend, die Vorausbestimmung der Stücklöhne ist mit praktisch genügender Genauigkeit in viel größerem Maße möglich, als es Wolfensberger hinstellt, und gewinnt auch sonst mehr und mehr an Bedeutung —, kann gar nicht geleugnet werden, daß dies Buch als eine bedeutende Erscheinung auf dem Sondergebiete gewertet werden muß, mit dem es sich beschäftigt: der urteilsfähige Leser wird nicht ohne dauernden Gewinn den schmucken Band aus der Hand legen und auch wohl manchmal später um Rat nach ihm greifen. [E 901]

Friedrich Meyenberg.

Messungen an elektrischen Maschinen. Von R. Krause. 5. umgearb. Aufl. von G. Jahn. Julius Springer, Berlin 1925. 394 S. m. 407 Abb. Preis geb. 21 M.

Wie der Verfasser im Vorwort schreibt, ist das Buch hauptsächlich dazu bestimmt, Studierenden und Ingenieuren ein Hilfsmittel zur Ausführung von Versuchen im Laboratorium und im Prüffeld zu geben. Nach diesem Programm kann nicht erwartet werden, daß besondere Feinheiten der elektrischen Meßtechnik behandelt werden; der Verfasser mußte sich auf die hauptsächlichsten und einfacheren Prüffeldmessungen beschränken.

Der Verfasser hat zweifellos außerordentlich viel Erfahrungen auf dem Gebiete der elektrischen Meßgeräte. Die vielen von ihm im ersten Teil des Buches mitgeteilten Konstruktions- und elektrischen Zahlenwerte der Instrumente entsprechen dem neuesten Stande der Technik, sie sind erfreulicherweise fast ausnahmslos in genauester Übereinstimmung mit den Angaben, die Keinath in seinem Buch „Die Technik der elektrischen Meßgeräte" gemacht hat. Nur in dem Zahlenbeispiel auf S. 12 sind für die

Induktivität einer normal und einer anormal dünn gewickelten Schieferplatte gerade die entgegengesetzten Werte angegeben worden. Zufälligerweise hat die Jahnsche Schreibweise auch einige Eigenarten der Ausdrucksweise von Keinath übernommen, z. B. (auf S. 52) „daß der Eigenverbrauch für jedes Ampere etwa 1 W beträgt", während es doch meist üblich ist zu sagen, „daß der Spannungsabfall 1 V beträgt".

Die mitgeteilten zahlreichen Verfahren der Messungen auf elektrischen Prüffeldern sind in klarer Weise zusammengestellt, für den jungen Ingenieur ist die leicht faßliche Darstellung mit den zahlreichen Bildern sehr zu empfehlen. Die von den Regeln für Elektrische Maschinen (REM) und Regeln für Elektrische Transformatoren (RET) vorgeschriebenen Proben und Messungen sind ausführlich beschrieben und auch die zugehörigen Vektordiagramme entwickelt. Einiges Veraltete könnte entfernt werden: auf die Joubertsche Scheibe sind zwei Seiten verwendet, nach denen sie als veraltet bezeichnet wird. Dem neuzeitlichen Schleifenoszillographen ist aber dann auch nicht mehr Platz eingeräumt worden.

Das Buch kann dem Leserkreis, dem es zugedacht ist, aufs beste empfohlen werden; kleine gelegentlich unterlaufene Fehler können seinen Wert nicht herabsetzen. Die Ausstattung des Werkes an Druck, Bildern und Papier ist hervorragend.

[E 887] Keinath.

Die Dinpassungen und ihre Anwendung. Dinbuch 4. Von K. Gramenz, im Auftrage des Normenausschusses der Deutschen Industrie. 2. vervollständ. Aufl. Berlin 1925, Beuth-Verlag. 219 S. m. 118 Abb. und 32 Taf. Preis 5,50 M.

Allen, die sich mit dem Gebiete der Passungen vertraut machen wollen, bietet das Buch eine wertvolle Handhabe, und zwar ganz besonders denen, die die Dinpassungen in ihren Betrieb einführen wollen. Mit der Einführung ist eine Reihe von Fragen verknüpft, die eine eingehende Prüfung aller konstruktiven und betriebstechnischen Umstände notwendig machen. Im Dinbuch 4 hat der Verfasser daher neben der geschichtlichen Entwicklung alle Gesichtspunkte zusammengefaßt, die zur Wahl der Einheitsbohrung oder der Einheitswelle und zur Auswahl der Gütegrade und Sitze führen können. Viele Beispiele zeigen Ausführungen der Praxis aus den Gebieten der Werkzeugmaschinen, Kraftfahrzeuge, Transmissionen, Elektromaschinen, Landwirtschaftsmaschinen, Dieselmaschinen, Turbopumpen, Dampfturbinen, Glühkopfmaschinen und Apparate.

In der zweiten Auflage sind wesentlich neue Passungsnormen nicht behandelt, da bis auf g 2 und die noch laufenden Arbeiten über Schrumpfsitze und Einheitsysteme das Normungsgebiet bei Fertigstellung der ersten Auflage abgeschlossen war. Der Verfasser hat aber an allen Stellen dem Stande der neuesten Erkenntnis in Passungsfragen Rechnung getragen. Vergl. S. 1411 dieses Heftes. [E 1068] Schütz.

Über Wasserkraftmaschinen. Von Ernst Reichel. 2. Aufl. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg. 70 S. m. 58 Abb. Preis 3,20 M.

Süd-West-Deutschland, seine Wasserstraßen und Wasserkraft. H. 7, Jg. 1, Juli 1925. Hrsg. v. Südwestdeutschen Kanalverein. Stuttgart 1925, Felix Krais. Preis pro Jahr (12 Nrn.) 6 M, Einzelh. 1 M.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften T. IV: **Die Baumaschinen.** Hrsg. von H. Weihe. 3. Aufl. Bd. II, Kap. 3: Gesteinsbohrmaschinen mit Hand-, Druckluft- und Wasserdruckbetrieb. Von Otto Schueller. Kap. 4: Elektrische Gesteinsbohrmaschinen. Von F. Philippi. Kap. 5: Schräm- und Schlitzmaschinen, Tunnelbohr- und Treibmaschinen. Von Otto Schueller. Leipzig 1925, Wilhelm Engelmann. Kap. 3 u. 4: 303 S. m. 299 Abb. Preis geb. 19 M. Kap. 5: 102 S. m. 116 Abb. Preis geb. 9 M.

Der Wärmeübergang und die thermodynamische Berechnung der Leistung bei Verpuffungsmaschinen, insbesondere bei Kraftfahrzeug-Motoren. Von August Herzfeld. Berlin 1925, Julius Springer. 92 S. m. 27 Abb. Preis geh. 6 M.

Proceedings of the first International Congress for applied Mechanics, Delft, 1924. Edited by C. B. Biezeno and J. M. Burgers. Delft 1925, J. Waltman jr. 460 S. m. zahlr. Abb. Preis 22,50 holl. Gulden.

Die Separation von Feuerungsrückständen und ihre Wirtschaftlichkeit. Von W. Engel. Berlin 1925, Julius Springer. 135 S. m. 30 Abb. Preis geh. 8,10 M, geb. 9,60 M.

Wissenschaftliche Forschungsberichte. Naturwissenschaftliche Reihe, Bd. 13: **Physikalisch-Chemische Mineralogie und Petrologie.** Von Wilhelm Eitel. Dresden und Leipzig 1925, Theodor Steinkopff. 174 S. m. 53 Abb. Preis geh. 8 M. geb. 9,20 M.

Handbuch der angewandten physikalischen Chemie Bd. III: **Maschinenkunde für Chemiker.** Von Albrecht von Ihering. 3. umgearb. Aufl. Leipzig 1925, Johann Ambrosius Barth. 348 S. m. 280 Abb. Preis geh. 18 M, geb. 20,40 M.

Elektrische Festigkeitslehre. Von A. Schwaiger. 2. vollst. umgearb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 474 S. m. 448 Abb. u. 9 Taf. Preis 27 M.

Fabrikorganisation. Von Heinrich Loos. Leipzig 1925, Max Jänecke. 185 S. m. versch. Beisp. Preis 4,65 M.

Die Aluminium-Industrie. Von Rudolf Debar. 2. Aufl. Braunschweig 1925, Vieweg & Sohn. 338 S. m. 61 Abb. Preis geh. 20 M, geb. 22,50 M.

Mitteilungen a. d. Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene. Hrsg. von Max Beninde und K. Thumm. H. 29. Berlin 1925, Julius Springer. 206 S. m. 3 Abb. u. 12 Tab.

Fünfzig Jahre Verbandsbestrebungen in der Deutschen Messingindustrie. Ein Stück Verbands- und Kartellgeschichte. Von W. Jutzi. Köln 1925, M. Dumont Schauberg. 132 S. m. versch. Bildnissen. Preis 5 M.

Deutsche Kraftfahrzeug-Typenschau. Ausg. III: Personenkraftwagen und Krafträder. Hrsg. von C. W. Erich Reyer. Dresden 1925, Deutsche Motor-Zeitschrift. 36 Taf. Preis 2,10 M.

The Wing-Rotor in Theory and Practice. By Sigurd J. Savonius. Helsingfors-Finland 1925, Savonius & Co. 39 S. m. 25 Abb. Preis 1 M.

Schriften zur Psychologie der Berufseignung und des Wirtschaftslebens Heft 32: **Der Ingenieurberuf.** Von Erwin Bramesfeld. Leipzig 1925, Johann Ambrosius Barth. 94 S. m. 13 Abb. u. 2 Taf. Preis 3,90 M.

F. H. Gilbreth. Das Leben eines amerikanischen Organisators. Von Lillian M. Gilbreth. Übersetzt von I. M. Witte. Stuttgart 1925, C. E. Poeschel. 88 S. m. 3 Bildnissen. Preis 4,50 M.

From Immigrant to Inventor. By Michael Pupin. New York-London 1925, Charles Scribner's Sons. 396 S. Preis 4 $.

Der Deutsche Buchhandel der Gegenwart in Selbstdarstellungen. Hrsg. von Gerhard Menz. Leipzig 1925, Felix Meiner. 226 S. m. versch. Bildnissen. Preis 12 M.

Die physikalisch-technischen Grundlagen des Funkwesens. Von M. Polatzek. Leipzig 1925, Hachmeister & Thal. 125 S. m. 69 Abb. Preis 3,50 M.

Drahtlose Telegraphie und Telephonie. Von L. B. Turner. Übersetzt von W. Glitsch. Berlin 1925, Julius Springer. 220 S. m. 143 Abb. Preis 10,50 M.

Bibliothek des Radio-Amateurs Bd. 21: **Funktechnische Aufgaben und Zahlenbeispiele.** Von Karl Mühlbrett. Berlin 1925, Julius Springer. 90 S. m. 46 Abb. Preis 2,10 M.

Bibliothek des Radio-Amateurs Bd. 19: **Rufzeichenliste für Radio-Amateure.** Von Erwin Meißner. Berlin 1925, Julius Springer. 139 S. Preis 3 M.

Bibliothek des Radio-Amateurs Bd. 11: **Der Niederfrequenz-Verstärker.** Von O. Kappelmayer. Berlin 1925, Julius Springer. 103 S. m. 57 Abb. Preis 1,80 M.

Bibliothek des Radio-Amateurs Bd. 18: **Das Fehlerbuch des Radioamateurs.** Von Siegmund Strauß. Berlin 1925, Julius Springer. 78 S. m. 75 Abb. Preis 2,10 M.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag. G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 14. NOVEMBER 1925 NR. 46

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1452.

Das mechanische Planetarium des Deutschen Museums, München.

Von Oberingenieur Franz A. Meyer, Jena.

Während das in Z. Bd. 68 (1924) S. 793 beschriebene Projektions-Planetarium dem Beschauer das Himmelsbild zeigt, wie es von der Erde aus betrachtet erscheint, ermöglicht das an dieser Stelle beschriebene mechanische Planetarium eine Betrachtung der Planeten und des Mondlaufs, wie sie von verschiedenen Punkten des Weltalls aus gesehen werden.

Jupiter Erde und Mond Saturn Merkur Sonne Venus Mars

Abb. 1. Ansicht des Planetariums ohne Abschlußdecke. Hinten Schaltbrett und Regler, rechts Beobachtungswagen mit Rundblickrohr.

Als in den Jahren 1911 und 1912 der Gedanke auftauchte, die astronomische Sammlung des Deutschen Museums durch Planetarien größten Ausmaßes zu vervollkommnen, fand sich keine Firma in Deutschland, die die Konstruktion und den Bau der Planetarien übernehmen wollte. Auch die Firma Carl Zeiß, Jena, lehnte die Ausführung zunächst ab, weil die Schwierigkeiten bei den Anforderungen, die von der Museumsleitung, besonders von dem Vater des Gedankens, Herrn von Miller, gestellt wurden, unüberwindlich schienen. Erst im Herbst 1913 erklärte sich die Firma Zeiß bereit, die Arbeiten zu übernehmen, nachdem Vorarbeiten und Vorstudien von der Möglichkeit der Ausführung überzeugt hatten.

Es waren zwei Planetarien geplant, und zwar sollte das eine die Sternen- und Planetenwelt so zeigen, wie wir Erdenmenschen sie am Himmel zu sehen gewohnt sind, das zweite dagegen eine Nachbildung der Wirklichkeit sein, bei der die Erde, genau wie die andern Planeten, um die Sonne kreist. Zur Unterscheidung der beiden wurde jenes das Ptolemäische, das zweite das Kopernikanische Planetarium genannt. Die erste Bezeichnung ist nicht ganz richtig, denn seine Konstruktion hat mit der Lehre des Ptolemäus nichts zu tun. Sie ist ebenso wie die des zweiten auf der Lehre des Kopernikus aufgebaut. Der Unterschied besteht darin, daß der Beschauer sich bei dem ersten Planetarium auf der Erde befindet, während er sich bei dem zweiten an irgendeinen beliebigen Punkt im Sonnensystem versetzt denken kann. Die Konstruktion des ersten Planetariums hat Dr. Bauersfeld dadurch in vollkommener Weise gelöst, daß er die zuerst mechanisch gedachte Anordnung durch optische Projektion ersetzte[1]).

Das zweite, rein mechanische Planetarium soll unser Sonnensystem darstellen, wie es in Wirklichkeit ist, nicht wie es uns von der Erde aus erscheint. Der Raum, in den das Planetarium eingebaut ist, ist nicht kugelförmig, sondern zylindrisch, Abb. 1. Er hat 12 m Dmr. und 2,8 m

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 793

Abb. 2. Erdwagen mit Erde und Mond.
Aufhängestange nicht ausziehbar, da Erdbahn wagerecht.

Abb. 3. Schematische Darstellung des Jupiterantriebes.

a wagerechte Schiene *b* schräge Schiene *c* Treibrad *d* Zahnstange *e* Motor für Konstellationen *f* Motor für Normalgang *g* Planetengetriebe.

Höhe. Man hat sich auf den Raum des Weltalls beschränkt, in dem die Planeten die Sonne umkreisen. Das geschieht bekanntlich in Bahnen, die zur Erdbahn nur verhältnismäßig wenig geneigt sind. So beträgt z. B. die Neigung gegenüber der Ekliptik (der Erdbahn) beim Merkur etwa 7°, bei Venus etwa 3½°, bei Mars etwa 2°, bei Jupiter etwa 1⅓° und bei Saturn etwa 2½°. Alle Bewegungen der Planeten spielen sich also in einem flachen Zylinder ab, in dessen Mitte sich die Sonne als feststehende Leuchtkugel ausgebildet befindet. Man hat die beiden begrenzenden Kreisflächen des zylindrischen Raumes (Decke und Fußboden) wagerecht gelegt und die Erdbahn (Ekliptik) auch wagerecht angeordnet. Die zylindrischen Wände des Raumes tragen einen Teil des Fixsternhimmels, den sogenannten Tierkreis, dessen Sterne erster bis vierter Größe durch kleine Glühlämpchen dargestellt sind. Die Abstufung der Helligkeit der Sterne ist durch Vorschalten von Blenden verschiedener Größe erreicht. Die Lämpchen, 180 Stück an der Zahl, sind sämtlich hintereinander geschaltet.

Oberhalb der Decke des Raumes hängen an einer großen sternförmigen Eisenkonstruktion Eisenschienen, auf denen Wagen laufen, die die einzelnen Planeten an hohlen Stangen tragen, Abb. 2 und 3. Diese Eisenschienen sind in Ellipsenbahnen um die Sonne gelegt, wie die einzelnen Planeten um die Sonne laufen, wobei sich die Sonne in einem der beiden Brennpunkte der Ellipse befindet. Die Konstruktion der Wagen, die die Planeten tragen, zwang dazu, die Schienen wagerecht anzuordnen. Um nun die Planeten in ihrer richtigen, auf- und absteigenden Bahn zu führen, mußten weitere, schräg unter dem entsprechenden Winkel zur Wagerechten liegende Schienen für das Heben und Senken der Planeten eingebaut werden. Die oberen wagerechten Schienen dienen der Fortbewegung, die unteren, schräg angeordneten dem Heben und Senken der Planeten. Die Stangen, an denen sie hängen, lassen sich deshalb zusammenschieben und auseinanderziehen. In der Decke des Raumes sind für diese Stangen schmale Schlitze freigelassen.

Man hat sich bemüht, die Größenverhältnisse möglichst der Natur entsprechend einzurichten, mußte aber, ob man wollte oder nicht, gewisse Zugeständnisse machen. Im Gegensatz zum Projektionsplanetarium, bei dem die Entfernung der Sternbilder von der Mitte des Raumes (dem Projektionsapparat) gleichgültig ist, da sie wie auch in der Wirklichkeit vom Beobachter aus praktisch alle gleichweit, nämlich unendlich weit entfernt erscheinen, müßten eigentlich beim mechanischen Planetarium die wirklichen Größen der Bahnen und Durchmesser von Sonne und Planeten im richtigen Verhältnis zueinander eingehalten werden. Das ist nicht möglich und wäre auch nicht zweckmäßig.

Bei der großen Verschiedenheit der Bahndurchmesser müßte die Saturnbahn etwa 50 m Dmr. haben, wenn der Durchmesser der Erdbahn zu 5 m angenommen wird. Dagegen würde beim gleichen Maßstab der Durchmesser der Erde nur 0,35 mm und der des Saturn nur 3 mm betragen. Wollte man den Durchmesser der Erde so groß machen, daß ihre Bewegung und die des Mondes einigermaßen deutlich verfolgbar wäre (z. B. etwa 10 cm), so müßte der Durchmesser der Erdbahn etwa 1150 m und der der Saturnbahn etwa 11 km betragen. Wegen dieser Unmöglichkeiten hat man die Maßstäbe ganz erheblich verändert. Der Durchmesser der Erdbahn wurde auf 4,43 m und der der Erde auf 12 cm festgelegt. Das gleiche Verhältnis wurde für die Durchmesser des Merkur und der Venus und deren Bahnen gewählt. Beim Mars wurde der Maßstab auf 0,86, bei der Jupiterbahn auf 0,33, bei der

Saturnbahn auf 0,25, beim Jupiter- und Saturndurchmesser auf 0,15 des Erdmaßstabes verkleinert. Von der Sonne aus gesehen, erscheinen bei dieser Anordnung die Größen ungefähr in erträglichem Verhältnis. Die Durchmesser der einzelnen Planeten betragen:

Merkur	. . .	4 cm,
Venus	. . . .	8,6 „
Erde	. . . .	12 „
Mars	. . . .	6,5 „
Jupiter	. . .	18 „
und Saturn	. . .	15 „

Die Größen der Monde, von denen die Erde einen, Mars zwei, Jupiter fünf und Saturn acht erhalten haben, sind, außer dem Erdenmond, der im richtigen Verhältnis zur Erde einen Durchmesser von 3 cm hat, angenommen und schwanken zwischen 1 und 1,5 cm Dmr. Die Durchmesser der Bahnen betragen:

Merkur	. . .	1,8 m,
Venus	. . .	2,88 „
Erde	. . . .	4,43 „
Mars	. . . .	6,25 „
Jupiter	. . .	9,33 „
und Saturn	. . .	11,25 „

Im Gegensatz zu den Größenverhältnissen der Bahnen und der Planeten sind die Zeiten sehr genau eingehalten worden, in denen je ein Umlauf und eine Umdrehung stattfinden. Die Fehler schwanken zwischen $^1/_{30\,000}$ und $^1/_{100\,000}$. Man hätte in der Genauigkeit unter Umständen noch weiter gehen können, wenn es von Vorteil gewesen wäre.

Der Zweck des mechanischen Planetariums soll aber nicht darin bestehen, n u r zu zeigen, wie sich die Planeten und Monde gegeneinander bewegen, sondern es sollen möglichst rasch verschiedene Konstellationen eingestellt werden können, von denen ausgehend die Bewegungen im richtigen Lauf wieder einsetzen. Man wird daher in den seltensten Fällen den Gang über zwei bis drei Erdjahre hinaus beobachten. In diesem Zeitraum sind die Fehler noch nicht merkbar, da z. B. der Fehler am Erdgang erst in 100 Jahren einen Tag ausmachen würde.

Der Antrieb der einzelnen Wagen, an denen die Planeten hängen, erfolgt durch kleine Elektromotoren, die an dem Wagen angebracht sind, Abb. 3. Jeder Wagen hat einen Motor *f* für den richtigen Gang und einen zweiten *e* für die Einstellung der verschiedenen Konstellationen. Beide wirken auf ein Triebrad *c*, das in eine Zahnstange *d* eingreift, die fest mit der Hauptlaufschiene verbunden ist. Damit die beiden sich nicht stören, arbeitet der Gangmotor über Schnecken und Zahnräder auf das Triebrad, während der Einstellmotor über ein sogenanntes Planetengetriebe auf das Triebrad einwirkt. Der Gangmotor bewegt den Wagen, von oben gesehen, im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers, mit der dem betreffenden Planeten eigenen Winkelgeschwindigkeit, während der Konstellationsmotor den Wagen mit erheblich erhöhter Geschwindigkeit im Sinne des Uhrzeigers führt.

Der Gangmotor *f* treibt gleichzeitig über Zahnräder eine Welle, die durch die senkrechte Aufhängestange zu dem Planeten führt. Von dieser Welle wird zuerst ein Getriebe abgeleitet, das den unteren in Höhe verschiebbaren Teil der Aufhängestange bei einem Umlauf einmal in entgegengesetzter Richtung dreht. Damit bleibt die Achsenneigung zur Bahnebene wie in der Natur unverändert. Jeder Planet dreht sich bekanntlich um seine Achse, und die Monde kreisen um die Planeten in Bahnen, die ungefähr senkrecht zur Planetenachse liegen; diese ist stets um einen bestimmten Winkel zur Planetenbahn geneigt. Am unteren Ende der Aufhängestange ist mit ihr eine Achse unter dem dem betreffenden Planeten eigenen Winkel zu seiner Bahn fest verbunden, Abb. 2 und 3. Auf dieser Achse drehen sich nicht allein der Planet, sondern auch sämtliche Monde. Da nun jeder Mond seine eigene Umlaufgeschwindigkeit hat, so muß auch jeder Mond seine Achse haben. Es sind daher um die feste Achse soviel konzentrische Rohre angeordnet, als Monde vorhanden sind, und jedes Rohr trägt als Achse an einem dünnen Halter einen Mond, Abb. 2 und 3. Das Ganze wird durch die senkrechte Welle innerhalb der Aufhängestange angetrieben. Diese Welle überträgt ihre Bewegung durch Vermittlung von kegeligen Zahnrädern auf eine zweite Welle, die durch die entsprechend schräg angeordnete feste Achse hindurchführt, und zwar ist die Übersetzung der Räder so festgelegt, daß sich diese Welle mit der Umdrehungszahl[1]) des Planeten dreht; der Planet selbst ist fest mit ihr verbunden. Die Umlaufzahlen der Monde, die mit ihren Umdrehungszahlen übereinstimmen, sind immer geringer als die des Planeten selbst. Es ließen sich daher mit verhältnismäßig einfachen Mitteln Zahnradgetriebe ausarbeiten, die den einzelnen Monden, von der Planetenwelle abgeleitet, die ihnen entsprechenden Umlaufgeschwindigkeiten erteilen.

Bei dem verhältnismäßig großen Durchmesser der Planeten war es möglich, diese Getriebe im Innern der Planeten unterzubringen, dadurch hat das Ganze an Anschaulichkeit gewonnen. Die Planeten und die Monde sind nämlich hellgelb gefärbt und ihre kennzeichnenden Oberflächenzeichnungen schwach angedeutet, dagegen sind alle Aufhängestangen, Mondhalter usw. tief mattschwarz gehalten, so daß es, da auch die Wände, die Decken und der Fußboden tief dunkelblau gehalten sind, so scheint, als ob die Planeten mit ihren Monden frei im Raume schweben. Hätte man die vielen Getriebe außerhalb anordnen müssen, so wäre der Anblick verworrener geworden, da solche Getriebe nicht tiefschwarz erhalten werden können.

Eine Schwierigkeit bot das Schmieren der vielen ineinandergeschachtelten Rohre, Zahnräder und Wellen im Innern der Planeten. Man hat die hohlen Planeten gleich als Ölgefäß benutzt, und zwar werden sie ungefähr zum fünften Teil mit Öl gefüllt, und dieses wird dadurch dem

[1]) Umdrehungszahl der Planeten = Anzahl der Drehungen um die eigene Achse.

Abb. 4. Regler mit Abschlußhaube.
Die sechs Druckknöpfe links schalten die sechs Einstellungen, der unten liegende den Gang, die beiden rechts den Beobachtungswagen.

RZ531Z5

Abb. 5. Regler ohne Abschlußhaube.
Antriebmotor und Rädergetriebe sichtbar, oben die sechs Trommeln für die Stromzuleitungen zu den Planetenwagen.

Abb. 6. Schematische Darstellung der Schleifenbildung und der Rückläufe der Planeten. Die oberen Schleifen entstehen bei Beobachtung eines inneren Planeten von einem äußeren aus, die unteren bei Beobachtung eines äußeren von einem inneren aus. Der innere Planet braucht dieselbe Zeit wie der äußere zur Durcheilung eines Abschnittes.

niedrigt. Diese Eigenschaft der Elektromotoren ist nun bei der Reglung benutzt.

Der elektrische Strom für jeden Planeten wird durch drei Schleifringe zugeführt, die fest am Gerüst angebracht sind. Der erste Ring dient der Zuleitung des Stromes zum Anker, der zweite zum Feld, der dritte zur Ableitung des Stromes von Feld und Anker. Der Feldschleifring ist nun unterteilt, und zwar in etwa 80 cm lange Teile, die laufend beziffert sind. Die geraden Nummern sind unter sich verbunden, desgleichen die ungeraden; beide Gruppen sind gegen einander isoliert. Jeder dieser Teile ist nochmals in zwei Unterteile geteilt, die durch einen elektrischen Widerstand miteinander verbunden sind, so daß die Spannung des elektrischen Stromes, der von dem Schleifringteil abgenommen wird, verschieden ist.

Der Regler, Abb. 4 und 5, der die Schleifringe speist, hat eine wagerechte Achse, auf der nebeneinander sechs Trommeln laufen, je eine für einen Planeten. Diese Trommeln tragen isolierte Schleifringe, die genau wie die Schleifringe der Planeten unterteilt und deren Teile genau wie oben verbunden und isoliert sind, so daß ein jeder Teil des Schleifringes einer Trommel einem Teil des Schleifringes des betreffenden Planeten entspricht und mit ihm durch Drahtleitung entsprechend verbunden ist. Sämtliche sechs Trommeln werden durch einen einzigen Elektromotor mittels verschiedener Zahnradgetriebe gedreht, und zwar genau mit derselben Winkelgeschwindigkeit, mit der die Planeten in ihrer Bahn um die Sonne laufen sollen. Würde jetzt ein Planet zu schnell laufen, so würde er, an einem Ende eines Teiles seines Schleifringes angekommen, anhalten müssen, da ihm so lange kein Strom zufließt, bis die entsprechende Trommel angekommen ist. Dieser Stillstand muß vermieden werden; das wird dadurch erreicht, daß jeder Wagen zwei Stromabnehmer hat. Infolgedessen wird der Motor des Wagens nie ohne Strom sein, er erhält aber Strom verschiedener Spannung und wird daher bei einem zu schnellen Lauf am Ende eines Schleifringteiles verzögert und umgekehrt bei zu langsamem Lauf im Anfang eines Schleifringteiles beschleunigt. Der Planet läuft also nicht mit gleichbleibender Geschwindigkeit, sondern er wird innerhalb eines Schleifringteiles seine Geschwindigkeit etwas ändern. Diese Ungleichmäßigkeit im Gang ist aber so gering, daß sie nicht bemerkbar ist. Jedenfalls wird durch diese Regelung erreicht, daß sich die Fehler des Elektromotors nicht summieren können und die Zeit eines vollen Umlaufes immer genau eingehalten wird.

Getriebe zugeführt, daß man die innere Welle, die den Planeten trägt, mit Schraubengängen versehen hat, die nach Art der Archimedischen Schnecken das Öl tropfenweise nach oben führen und das ganze verwickelte Räderwerk dauernd schmieren.

Bei der Berechnung der Übersetzungen der Räder ist vorausgesetzt, daß die Motoren alle genau die gleiche Geschwindigkeit haben und diese dauernd einhalten. Leider tun uns die Kleinmotoren aber den Gefallen nicht, so gleichförmig zu laufen. Ihre Geschwindigkeit schwankt immer, sei es durch Erwärmung oder durch Abkühlung, durch Widerstände, die im Getriebe unvermeidlich auftreten usw. Diese Ungleichförmigkeit würde natürlich den verhältnismäßig richtigen Gang der Planeten zu einander stören, und es mußte ein Mittel gefunden werden, die Geschwindigkeit der Motoren zu regeln. Diese Aufgabe war nicht ganz einfach. Sie gelang durch Einführung eines Reglers, der, an der Wand des Planetariums angebracht, gleichzeitig den Gang regelt und die notwendigen Schaltungen ermöglicht. Vorauszuschicken ist für die Erklärung des Reglers, daß die Geschwindigkeit eines Gleichstrommotors dadurch beeinflußt werden kann, daß man sein magnetisches Feld stärkt oder schwächt. Dies geschieht durch Vor- oder Abschalten eines elektrischen Widerstandes vor die Magneten, und zwar wird durch die Vorschaltung von Widerstand, d. h. Schwächung des Feldes, die Geschwindigkeit erhöht, durch Abschalten des Widerstandes, d. h. Stärkung, die Geschwindigkeit des Motors er-

Zur willkürlichen Einstellung einer neuen Konstellation, von denen sechs vorgesehen sind, sind weitere Einrichtungen getroffen. Wie schon oben bemerkt, ist an jedem Wagen ein zweiter Elektromotor angebaut, Abb. 3, der den Wagen mit erhöhter Geschwindigkeit rückwärts treibt. Hierfür sind zwei weitere Schleifringe vorgesehen. Diese Motoren werden über kleine elektrische Zwischenschalter (Relais) durch Druckknöpfe elektrisch eingeschaltet. Die Zwischenschalter sind an den Füh-

rungsschienen der Wagen angebracht, und zwar sind je sechs über eine Schiene verteilt, den Orten entsprechend, die der Planet in den sechs Einstellungen einnimmt; im ganzen sind also 36 Stück vorhanden. Wird nun ein Relais eingeschaltet, so erhält der Einstellmotor Strom und treibt den Wagen so lange rückwärts, bis er das Relais erreicht, dieses mechanisch ausschaltet und dadurch zum Stillstand kommt. An jedem Relais, das nicht elektrisch eingeschaltet ist, fährt der Wagen vorbei. Die Relais können je nach der gewünschten Einstellung verschieden verteilt werden. Zu jeder Einstellung gehören sechs bestimmte Planetenorte, also auch eine Reihe von sechs Relais, je eines an einer Planetenbahn. Diese sechs Relais werden nun gleichzeitig durch einen Druckknopf am Regler eingeschaltet und geben den Motoren Strom, so daß alle sechs Planeten mit stark erhöhter Geschwindigkeit rückwärts laufen. Jeder läuft so lange, bis er sein Relais erreicht und anhält. Nachdem alle in Ruhe sind, läßt man den Druckknopf los und schaltet den normalen Gang ein. Vorher sind die Trommeln im Regler der betreffenden Einstellung entsprechend zu verdrehen, damit sie wieder in Einklang mit den zugehörigen Schleifringen gebracht werden. Es könnte eine beliebige Anzahl solcher Vorrichtungen zum Schalten von Konstellationen eingebaut werden, man hat sich auf sechs beschränkt, die aber beliebig durch Versetzen einer Zwischenschalterreihe geändert werden können.

Mit dem Planetarium kann man Beobachtungen verschiedenster Art ausführen, je nach dem Stande, den der Beobachter im Raum einnimmt. Stellt er sich unter die Sonne, so sieht er die Planeten mit ihren verschiedenen Geschwindigkeiten um sich kreisen, wie es die liebe Sonne gewohnt ist. Der Anblick ist nicht sehr bemerkenswert, man sieht nur, wie sich die Planeten wie in einem Wettrennen überholen oder zurückbleiben. Ganz anders wird der Anblick, wenn man sich einem Planeten zugesellt und und mit ihm den Weltenraum durchwandert. Da sieht man, das Auge auf das feste Firmament gerichtet, außer den Planeten scheinbar auch die Sonne wandern.

Plötzlich verlangsamt sich der Gang eines Planeten, der so lange seine Bahn ruhig gelaufen ist, er bleibt scheinbar stehen, nach einer Weile läuft er rückwärts, beschleunigt seinen Gang, verzögert ihn wieder, bleibt wieder stehen und läuft nach einer kurzen Strecke wieder vorwärts, Abb. 6. Dieses Spiel wiederholt sich bei jedem Planeten. Man sieht dasselbe, was einem beim Projektions-Planetarium als Schleifenbildung so seltsam erscheint. Hier liegt die Erklärung auf der Hand. Beobachtet man von einem außenliegenden Planeten aus, der sich verhältnismäßig langsam dreht, einen der inneren Planeten, der schneller läuft, so bewegt dieser sich, wenn er hinter der Sonne herumläuft, im gleichen Sinne wie die Sonne, mit zuerst zunehmender Geschwindigkeit, genau hinter der Sonne mit der größten, später wieder mit abnehmender Geschwindigkeit, bis er an einem Punkt anlangt, an dem er stillzustehen scheint. Dieser scheinbare Stillstand erfolgt, wenn er den, vom Beobachter aus gesehen, äußersten Punkt seiner Bahn links erreicht, d. h. wenn die Sichtlinie die Bahn des inneren Planeten berührt. Von da ab läuft er rückwärts, und zwar zwischen der Sonne und dem Beobachter durch, bis er den äußersten Punkt seiner Bahn rechts erreicht. Eine ähnliche Erscheinung beobachtet man, wenn man von einem inneren Planeten aus einen äußeren betrachtet. Auch hier scheint uns der Planet in dem Augenblick stillzustehen, wenn der innere, von dem aus man beobachtet, an dem Punkt angelangt ist, an dem die Sichtlinie die Bahn des inneren Planeten berührt. Der Unterschied liegt nur darin, daß die Schleife erheblich kürzer ist, wie bei der umgekehrten Beobachtung.

Man hat nun, um diese Erscheinung noch besser betrachten zu können, einen Beobachtungswagen geschaffen, der auf einer Schiene auf dem Fußboden des Raumes läuft. Diese Schiene liegt genau unter der Erdbahn. Der Beobachtungswagen hat besondre elektrische Antriebe, die im Nebenraum untergebracht sind, und zwar einen, der ihn mit der gleichen Geschwindigkeit der Erde fortbewegt, und einen zweiten, mit dem er schnell vor- und rückwärts bewegt werden kann, um ihn bei Konstellationswechsel schnell wieder an seinen Platz unter der Erde befördern zu können. Auch diese Bewegungen werden durch Druckknöpfe am Regler eingeschaltet. Von diesem Wagen aus lassen sich die Bewegungen der Planeten ganz besonders gut beobachten, um so mehr, als in seiner Mitte ein Periskop angebracht ist, dessen Ausblick sich hoch oben, dicht unter der Erde befindet. Man hat so bei der Beobachtung den Eindruck, als ob man sich auf der Erde befände.

Richtet man nun das Rundblickrohr auf die Sonne, so sieht man die Konstellation der Planeten für die Orte auf der Erde, die der Blickrichtung des Periskops entsprechen zur Zeit des Mittags. Verdreht man das Periskop um 90° nach rechts, so erscheint unter gleichen Bedingungen die Konstellation für den Morgen, bei 180° Verdrehung für die Mitternacht und bei 270° die des Abends. Die Beobachtung der Durchgänge der Planeten Merkur und Venus vor der Sonne lassen sich naturgemäß nur durch das Periskop vom Beobachtungswagen aus verfolgen. Ebenso ist die Beobachtung der Phasen der Planeten am deutlichsten von hier aus. Die Entstehung der Phasen beruht darauf, daß die Planeten alle kein eigenes Licht wie die Fixsterne ausstrahlen. Sie reflektieren nur das Sonnenlicht und erscheinen dadurch in den seltensten Stellungen als kreisrunde Scheiben, und zwar nur dann, wenn sie in Opposition oder Konjunktion zur Sonne stehen. In allen andern Lagen sieht man von einem Planeten aus immer nur den von der Sonne beleuchteten Teil des beobachteten Planeten, der dadurch genau wie der Mond in verschiedenen Phasen erscheint.

Die Veränderlichkeit der Entfernungen der Planeten von einander ist natürlich ohne weiteres zu beobachten. Eine der Einstellungen ist so gewählt, daß man nach einigen Monaten Lauf die im August 1924 so bedeutsame größte Annäherung zwischen Mars und Erde entstehen sieht.

Des weiteren läßt sich die Entstehung der Jahreszeiten auf den Planeten vorzüglich beobachten. Haben doch alle Planeten genau wie die Erde ihre Jahreszeiten. Sie unterscheiden sich nur durch die verschiedene Dauer, z. B. dauert, da das Saturnjahr gleich 29 Erdjahren und 166 Tagen ist, der Frühling auf dem Saturn 7 Jahre und 134 Tage.

Die Entstehung der Sonnen- und Mondfinsternisse auf den Planeten ist sehr deutlich zu verfolgen.

Bei den Planeten Mars, Jupiter und Saturn hat man der Einfachheit der Konstruktion wegen die Achsen der Mondbahnen mit der der Planeten konzentrisch ausgeführt. Es erscheinen die Mond- und Sonnenfinsternisse daher mit nicht ganz richtiger Regelmäßigkeit, nur bei der Erde ist die Mondbahn unter dem richtigen Winkel zur Erdachse gelegt, Abb. 2. Man kann hier daher verfolgen, wie die Sonnenfinsternisse immer an verschiedenen Orten der Erde sichtbar sind, was nicht der Fall wäre, wenn die Mondbahnachse und die Erdachse konzentrisch lägen. Leider ließ es sich nicht verhindern, daß im Planetarium häufiger als in Wirklichkeit Mond- und Sonnenfinsternisse entstehen. Es liegt dieses daran, daß man, wie zu Anfang schon betont, bei der Ausführung die Planeten und Monde in größerem Maßstab ausführen mußte, als ihren Bahnen entspricht.

Das mechanische Planetarium hat gegenüber dem optischen den Nachteil, daß es nur einer beschränkten, verhältnismäßig kleinen Anzahl von Besuchern gleichzeitig gezeigt werden kann, es ist aber besonders geeignet, auch dem Laien nach verhältnismäßig kurzer Zeit einen Begriff von den wunderbaren Erscheinungen im Sonnensystem zu geben. Beide Planetarien ergänzen sich daher zu einem hervorragenden Volksbildungsmittel. [B 531]

Doppelschrauben-Motorschiff „Weißenfels".

Von Dipl.-Ing. Fr. Hillebrand und Ing. E. Müller, Oberingenieuren der Joh. C. Tecklenborg A.-G.

(Schluß von S. 1352.)

Abb. 33 bis 36. Kompressorlose Dreizylinder-Dieselmaschine, gekuppelt mit 100 kW-Dynamo.

Abb. 33.

Abb. 36.

Maschinenanlagen.

Hauptmaschinen.

Die beiden Hauptmaschinen sind unmittelbar umsteuerbare, einfachwirkende Viertakt-Dieselmotoren, Bauart Tecklenborg-MAN. Jede Hauptmaschine hat sechs Arbeitszylinder von 700 mm Bohrung und 1400 mm Hub und leistet bei 105 Uml./min normal 1900 PS$_e$. Die Maschinen sind vor dem Einbau in das Schiff auf dem Prüffelde der Bauwerft eingehend erprobt worden. Der allgemeine Aufbau der Maschinen ist bereits in Z. 1925 S. 769 bis 772 eingehend beschrieben worden.

Mit den Hauptmaschinen unmittelbar gekuppelt sind nur die Brennstoffpumpen, der dreistufige Luftverdichter sowie an dem vorderen Ende jeder Hauptmaschine eine von der Kurbelwelle angetriebene Lenzpumpe von 30 m³/h Leistung. Die übrigen zum Betriebe der Hauptmaschinen erforderlichen Kühlwasser- und Schmierölpumpen werden durch besondere Elektromotoren angetrieben. Zum Anlassen der Hauptmaschinen dient Druckluft von 16 at. Die Druckluft wird in sechs Stahlbehältern von je 3200 l Inhalt und 75 at Höchstdruck aufgespeichert und durch ein an jeder Hauptmaschine eingebautes und dem Hauptanlaßventil vorgeschaltetes Druckminderventil auf den Anlaßluftdruck von 16 at entspannt.

Umgesteuert werden die Hauptmaschinen durch besondere Umsteuerzylinder; deren Kolben laufen in Öl, das von der Einblaseluftleitung unter Druck gesetzt wird. Für Aushilfzwecke ist eine Handumsteuerung vorgesehen. Die Manövriereinrichtung der Hauptmaschinen besteht aus den beiden Anlaßhandhebeln, die je eine Gruppe von drei Arbeitszylindern bedienen, der Umsteuervorrichtung und einem Handrade zum Einstellen der Fördermenge der Brennstoffpumpen und damit der Geschwindigkeitsregelung von Maschinen und Schiff. Die Anlaß- und Umsteuergestänge sind gegenseitig derart verblockt, daß unzulässige Manöver nicht ausgeführt werden können.

Die Zylinder und Stahlguß-Arbeitskolben werden durch Seewasser gekühlt, das durch eine elektrisch angetriebene Kreiselpumpe beschafft und über Bord gedrückt wird. Von jedem Arbeitszylinder und Kolben zweigt sich eine Kontrollleitung mit sichtbarem Überlauf ab.

Die Triebwerke der Hauptmaschinen werden durch im Kreislauf umlaufendes Schmieröl von 2 bis 3 at Druck geschmiert. Eine ebenfalls elektrisch angetriebene Kolbenpumpe saugt aus dem im Doppelboden eingebauten Sammeltank das Schmieröl an und drückt es durch einen Ölkühler und einen umschaltbaren Ölfilter in die Schmierölleitungen der Hauptmaschinen. In der Hauptzuflußleitung ist außerdem ein von Hand einstellbares Schmieröldruck-Regelventil eingebaut.

Für Überholungszwecke ist am Drucklagerrahmen eine Maschinendrehvorrichtung befestigt, die durch einen Elektromotor angetrieben wird. Das Drucklager ist als Einscheibenlager ausgebildet und hat beiderseits des Druckringes ein ausreichend bemessenes Traglager. Der Drucklagerrahmen ist unmittelbar mit der Maschinengrundplatte durch kräftige seitliche Verbindungsarme verschraubt, so daß der Schraubenschub unmittelbar auf die Maschinengründung übertragen wird. Jede Tunnelwelle läuft in zwei Ringschmierlagern. Die Schraubenwellen sind mit einem durchlaufenden Bronzebezug versehen und laufen in Stevenrohren, die mit Pockholz ausgefütterte, metallene Büchsen erhalten haben. Die Schrauben haben vier aufgesetzte Flügel aus bester Manganbronze.

Abb. 34.

Abb. 35.

Abb. 32. Kompressorlose Dieselmotoren auf dem Prüfstande.

Hilfsmaschinen.

Im vorderen Maschinenraum sind drei Dieseldynamos von je 100 kW Leistung bei 230 V Klemmenspannung aufgestellt. Die Antriebmotoren sind kompressorlose Dreizylinder-Viertakt-Dieselmotoren, Bauart Tecklenborg-MAN, und haben 290 mm Bohrung und 430 mm Hub. Die Drehzahl der Maschinen beträgt 325 Uml./min. Abb. 32 zeigt die Maschinen auf dem Prüffelde der Bauwerft. Der allgemeine Aufbau ist aus den Abb. 33 bis 36 zu ersehen. Jede Maschine hat eine gekuppelte Kühlwasser- und eine Schmierölpumpe mit Druckfilter, so daß sie unabhängig von den andern Maschinen betrieben werden kann. Die Maschinen werden mit Druckluft von 15 bis 20 at Spannung angelassen. In die Auspuffleitung jeder Dieseldynamo ist ein Warmwasserbereiter zur Beschaffung von Waschwasser eingeschaltet.

Als Aushilfe für die von den Hauptmaschinen angetriebenen Luftverdichter und zu ihrer Unterstützung beim Manövrieren sind

Abb. 37. Spant 96 von vorne gesehen

Abb. 38.

Spant 80 von vorne gesehen

Abb. 40.

Abb. 41. Grundriß des Hauptdecks.

Abb. 42. Grundriß des III. Decks.

- a Schmieröltanks
- a_1 Brennstoff-Setztanks
- a_2 Brennstoff-Tagestanks
- a_3 Exhausttanks
- a_4 Leck-Schmieröltank
- a_5 Sammelöltanks
- a_6 Treiböltanks
- a_7 Treiböl-Ueberlauftanks
- a_8 Schmutzöltanks
- a_9 Tank für reines Oel
- a_{10} Auskochtank
- a_{11} Warmwassertank!
- a_{12} Kaltwassertank
- a_{13} Leck-Schmieröltank
- b Brennstoffpumpe
- b_1 Deckwaschpumpe
- b_2 Kesselspeisepumpe
- b_3 Aushilfs-Kesselspeisepumpe
- b_4 Leck-Schmieröl-*H*-Pumpe
- b_5 Zahnradpumpe
- b_6 Lenzpumpe
- b_7 Kühlwasserpumpe
- b_8 Deck- und Feuerlöschpumpe
- b_9 Ballast- u. Aushilfslenzpumpe
- b_{10} Brennstoff-Uebernahmepumpe
- b_{11} Maschinen-Lenzpumpe
- b_{12} Schmierölpumpen
- b_{13} Brennstoff-*H*-Pumpen
- c Schmierölfilter
- c_1 Kühlwasserfilter
- c_2 Hauptkühlwasserfilter-Umschaltung
- c_3 Brennstoffilter
- c_4 Heizölfilter
- d Einblaseflaschen
- d_1 Anlaßflaschen
- d_2 Anlaßflaschen für *D*-Dynamos
- e Tür
- e_1 Oeffnung
- e_2 Schiebetür
- e_3 Klapptür
- f *M*-Kranbalken
- f_1 Kranbalken
- g Bohrmaschine
- g_1 Schnellbohrmaschine
- h Schalldämpfer für die Hauptmotoren
- h_1 Schalldämpfer für die Hilfsmotoren
- h_2 Schalldämpfer für die Hafendynamos
- i Lüfter
- i_1 Kessel
- j Hilfskompressor
- j_1 Wechselkasten
- k Dieseldynamos
- k_1 Hafendynamos
- l Motor
- l_1 Schalttafel
- m Drehbank
- m_1 Umformer
- n Werkbank
- n_1 Entlüftung vom Kesselraum
- o Schleifstein
- o_1 Borten
- p Esse, ortbeweglich
- p_1 Flur
- p_2 Flurhöhe
- q Blechschere, ortbeweglich
- r Drehmaschine
- s Kühlmaschine
- t Warmwasserbereiter
- u Oelvorwärmer
- v Angrenzender Oelbunker
- w Oelgraben
- x Oelscheider
- y Oelkühler
- z Eismaschine.

Abb. 37 bis 42. Anordnung der Haupt- und Hilfsmaschinen.

zwei elektrisch angetriebene Hilfluftverdichter von je 250 m³/h angesaugte Luftmenge aufgestellt, die die Luft bei 350 Uml./min auf 75 at Enddruck verdichten. Zur erstmaligen Beschaffung der zum Inbetriebsetzen der Dieseldynamos gebrauchten Anlaßluft ist die von Hand anzuwerfende 9 kW-Hafendynamo mit einem ausrückbar gekuppelten Notluftverdichter ausgerüstet.

An elektrisch betriebenen Pumpen sind vorhanden: 1. Zwei Kreiselpumpen von je 200 m³/h Leistung zur Förderung des Zylinder- und Kolbenkühlwassers. Die Pumpen saugen aus See durch in die Saugleitungen eingesetzte umschaltbare Filter von großen Abmessungen. 2. Zwei stehende Schmierölumlauf-Kolbenpumpen von je 40 m³/h Leistung. Jede der beiden Kühlwasser- und Schmieröl-Umlaufpumpen reicht für den normalen Betrieb der beiden Hauptmaschinen aus. 3. Eine stehende Kolbenpumpe von 120 m³/h Leistung, die als Brennstoff-Übernahme- und Förderpumpe dient. 4. Eine stehende Brennstoff-Speisepumpe von 10 m³/h Leistung, die aus allen Doppelbodenzellen und Bunkern saugt und das Öl in die Tagestanks der Hauptmaschinen drückt. Der Brennstoff kann auf beiden Bordseiten übernommen werden. Die mittschiffs liegenden Brennstoffhochtanks sind mit Überlaufleitungen versehen, die nach einer im Doppelboden eingebauten Brennstoff-Überlaufzelle führen. Der Inhalt der Hochtanks wird durch Peilen und pneumatische Ölstandanzeiger festgestellt. Die Überlaufzelle ist mit einer durch Schwimmer betätigten elektrischen Alarmvorrichtung versehen, die in Tätigkeit tritt, sobald der Brennstoff eine bestimmte Höhe überschreitet. 5. Eine stehende Doppelkolbenpumpe von 200 m³/h Leistung bei 65 Uml./min als Ballast- und Aushilfslenzpumpe. 6. Zwei stehende Doppelkolbenpumpen von je 30 m³/h Leistung bei 65 Doppelhüben/min für Feuerlösch-, Lenz- und Deckwaschzwecke.

Die Anordnung der Haupt- und Hilfsmaschinen ist aus Abb. 37 bis 42 ersichtlich. Bei der Aufstellung der Pumpen ist man von dem Grundsatz ausgegangen, auf der einen Schiffsseite (Backbord) die wasserführenden Pumpen, auf der andern Seite (Steuerbord) die Schmieröl und Brennstoff fördernden Pumpen unterzubringen. Zwischen den beiden Drucklagern vor dem Tunnelschott ist für die Reinigung des umlaufenden Schmieröls ein Ölreiniger mit den erforderlichen Einrichtungen aufgestellt worden. Vor den Hauptmaschinen stehen die drei 100 kW-Dieseldynamos, die 9 kW-Hafendynamo sowie ein Umformer mit der erhöht angeordneten Schalttafel. Diese Hilfsmaschinen sind gewissermaßen zu einem elektrischen Kraftwerk zusammengefaßt. Auf Steuerbordseite des Maschinenraumes ist ferner noch die Kühlmaschine, Bauart Linde, mit Kohlensäureverdampfung und der Eiserzeuger untergebracht. Im Zwischendeck sind im Bereiche des Maschinenraumes und von diesem zugänglich eine mit verschiedenen Werkzeugmaschinen versehene Werkstatt, mehrere umfangreiche Vorratträume sowie die Schmierölbehälter für insgesamt 24 t Inhalt angeordnet. Am vorderen Querschott befinden sich außerdem die beiden Brennstoff-Tagesbehälter von je 24 m³ Fassungsvermögen.

Das Gesamtgewicht der Maschinenanlage einschließlich der Wellenleitungen und Schrauben, der Rohrleitungen, der Bedienungsbühnen sowie des Schornsteines beträgt 1010 t, das Gewicht jeder Hauptmaschine mit Schwungrad und dem üblichen Zubehör 275 t. Der Brennstoffverbrauch der Hauptmaschinen hat sich im Verlaufe von eingehenden Versuchsmessungen zu 180 g/PSₑh bei 10 000 kcal/kg Heizwert des Öles ergeben. [B 934]

Elektrische Grubenlampen.

Die statistisch festgestellte große Anzahl der durch die Benzinsicherheitslampe hervorgerufenen Grubenexplosionen läßt die Bergpolizeiverfügung gerechtfertigt erscheinen, diese „Unsicherheits"lampen auf den Steinkohlengruben durch die in jeder Beziehung sichere und zuverlässige elektrische Grubenlampe zu ersetzen. Bis Ende 1923 waren bereits auf 173 Schachtanlagen des Oberbergamtsbezirkes Dortmund insgesamt 90 vH der Gesamtbelegschaft mit elektrischen Grubenlampen ausgerüstet[1]). Ebenso sind in Sachsen im Zwickau-Lugau-Ölsnitzer Bezirk fast sämtliche Schachtanlagen mit elektrischen Lampen versehen. Sie haben außer ihrem Schutz gegen Schlagwetterentzündungen eine erheblich höhere Leuchtkraft als die Benzinlampen, wodurch das durch mangelhafte Grubenbeleuchtung hervorgerufene Augenliderzucken (Nystagmus) der Bergleute verschwindet und die Arbeitsleistungen in der Grube steigen.

Die elektrischen Grubenlampen lassen sich nach ihren verschiedenen Stromquellen in Lampen mit Blei- oder mit Alkaliakkumulatoren, um deren Vervollkommnung sich die Firma Friemann & Wolf G. m. b. H., Zwickau i. Sa., besonders verdient gemacht hat, einteilen. Der aus den bekannten stationären Akkumulatoren hervorgegangene Bleiakkumulator weicht von den üblichen durch seinen gelatinierten, festen Elektrolyten ab und kann daher mit der Lampe ohne Schaden in beliebiger Lage aufgestellt werden. Trotz seiner sonstigen guten Bewährung in der Praxis weist er jedoch zwei Mängel auf. Die Elektroden eines jeden Bleiakkumulators sind durch den elektrochemischen Vorgang beim Laden und Entladen einer Zerstörung ausgesetzt, die den Einbau neuer Elektroden nach 250 bis 300 Entladungen nötig macht. Anderseits ist die Hergabe einer höheren Leistung bei bestimmtem Gewicht der Lampe unmöglich.

Im Gegensatz hierzu hat der alkalische Nickel-Kadmium-Akkumulator, dessen als nahezu massive Nickelplatten ausgebildete Elektroden überdies eine fast unbegrenzte Lebensdauer aufweisen, bei noch geringerem Gewicht eine höhere Lichtleistung. Aufbau und Wirkungsweise stehen im vollständigen Gegensatz zum Bleiakkumulator. Die wirksame Masse der Pluselektrode besteht aus Nickelhydroxyd und die der Minuselektrode aus fein verteiltem Kadmium. Aus der durch Pressen auf Nickelstreifen zu Platten geformten wirksamen Masse werden durch Einfassung mit Nickelrahmen die Elektroden gebildet und zu Elektrodensätzen vereinigt, deren Größe sich nach der Leistung des Akkumulators richtet. Die mit Kalilauge von 25 °Bé[2]) gefüllten Stahlgehäuse werden mit Hartgummideckel und Andrückring abgedichtet. Der Akkumulator wird mit Kalilauge durch einen aus einer Gummimembran mit feiner Öffnung bestehenden Verschluß gefüllt, der das Austreten von Lauge vollkommen verhütet. Die praktischen Vorteile der neuen Alkalilampen gegenüber den Bleilampen zeigen sich in der großen Haltbarkeit der Elektroden, ihrer Unempfindlichkeit gegen Überladen und teilweises Unterladen, dem Wegfall der Selbstentladung und dem damit verbundenen Verlust an Leistungsfähigkeit bei Nichtgebrauch. Wegen ihrer großen Betriebsicherheit und steten Betriebsbereitschaft sind sie daher für Rettungsstationen besonders geeignet.

[N 583] **Prockat.**

[1]) Vergl. Montanistische Rundschau Bd. 17 (1925) S. 107–110.

[2]) Bei der Einteilung nach Baumé wird das Intervall zwischen dem spezifischen Gewicht von destilliertem Wasser von 15° ($d = 1{,}00$) und dem von konzentrierter Schwefelsäure von 15° ($d = 1{,}842$) in 66 Teile, „Grade", eingeteilt nach der Formel $n = \frac{144{,}3}{\alpha}(d - 1)$, so daß 25° Bé einem spezifischen Gewicht von 1,21 entsprechen

Ununterbrochen betriebene elektrische Blankglühöfen.

Von Dr. W. Rohn, Hanau.

Elektrische Blankglühöfen zum ununterbrochenen Glühen von Stangen, Rohren, Streifen und Kleinteilen, die neben einer wesentlich größeren Durchsatzmenge den Vorteil eines erheblich geringeren Stromverbrauches aufweisen als Öfen für aussetzenden Betrieb.

Der mit Unterbrechungen betriebene elektrische Blankglühofen[1]) erfordert auf eine Tonne Glühgut einen Aufwand an elektrischer Energie von rd. 280 bis 350 kWh, da die zum Erwärmen des feuerfesten Mauerwerkes nötige Wärmeenergie für jedes Glühen erneut aufgewandt werden muß, aber als Verlustenergie zu buchen ist. Ferner gestatten diese Öfen, da das Glühgut in ihnen jedesmal vollkommen erkalten muß, ehe man die Schutzatmosphäre aufheben und das Glühgut aus dem Ofen austragen kann, je nach ihrer Größe nur etwa alle ein bis drei Tage eine Glühung vorzunehmen. In ununterbrochen betriebenen Öfen sind das Mauerwerk und die sonstigen Ofenelemente nur einmal am Beginn der Ofenreise zu erwärmen, im laufenden Betriebe sind an Verlusten nur die Strahlungsverluste zu decken. Man erreicht infolgedessen einen erheblich höheren thermischen Wirkungsgrad, so daß für das Glühen einer Tonne Glühgutes bei 820 °C nur noch rd. 200 bis 230 kWh aufzubringen sind. Daneben erlaubt ein ununterbrochen betriebener Glühofen selbstverständlich eine erheblich höhere Ausnutzung und arbeitet somit in doppeltem Sinne wirtschaftlicher. Für Glühgut von vorwiegend linearer Ausdehnung wie Stangen, Röhren, Streifen, Bänder und dergl. ist ein röhrenförmiger Glühraum erforderlich, und es ist möglich, an diesen röhrenförmigen Glühraum eine ebenfalls röhrenförmige Austragkammer so anzuschließen, daß Glühraum sowie Austragkammer von Schutzgas durchströmt werden, so daß das Glühgut beim ununterbrochenen Durchschieben in der Austragkammer noch unter Schutzgas erkalten kann.

Es hat sich beim Betriebe derartiger Glühöfen gezeigt, daß das elektrische Glühen und besonders das elektrische Blankglühen ein Glühgut von besonders hervorragender Gleichmäßigkeit und Weichheit liefert, so daß die Weiterverarbeitung elektrisch blankgeglühter Teile leichter und mit geringerem Kraftaufwand möglich ist, als bei Teilen, die in bisher üblicher Weise geglüht waren. So zeigte sich z. B., daß beim Ziehen von Stahlrohren im üblichen Arbeitsgang nach jedem Zug einmal geglüht werden mußte. Elektrisch blankgeglühte Rohre der gleichen Vorbehandlung vertrugen sechs Züge, davon vier über den Dorn unter Abnahme der Wanddicke und zwei Hohlzüge, ehe wieder geglüht werden mußte. Hier konnten also von sechs Glühungen fünf gespart werden; eine Beizung war überhaupt nicht erforderlich. Ähnliche Ergebnisse wurden beim Ziehen von Stangen erhalten. Beim Kaltwalzen von elektrisch blankgeglühtem Bandeisen ließ sich bei gleicher Abnahme je Stich der Walzprozeß länger fortsetzen, ehe eine erneute Glühung erforderlich wurde; ebenso war es möglich, die gleiche gesamte Abnahme mit einer geringeren Zahl von Stichen zu erreichen. Auch hier konnten 30 bis 50 vH der Glühungen gespart werden, das Beizen fiel überhaupt fort. Die elektrischen Blankglühöfen lassen sich sogar so betreiben, daß mit Walzhaut dem Ofen zugeführte Werkstücke silberhell den Ofen verlassen, in der Walzhaut enthaltenes Eisen somit nicht verloren geht, sondern gut gemacht wird. Damit wird neben der Ersparnis des Beizvorganges zugleich eine Verbesserung des Ausbringens erzielt. Die Ersparnisse durch ausfallende Glühungen sind der Wirtschaftlichkeit elektrischer Blankglühanlagen ebenfalls zuzurechnen.

Bei Ziehvorgängen zeigt sich ferner, daß elektrisch blankgeglühter Werkstoff neben einem geringeren Kraftaufwand einen viel geringeren Verschleiß an Ziehwerkzeugen verursacht.

Elektrisch blankgeglühte Eisenbänder können, so wie sie aus dem Ofen kommen, ohne irgendwelches Beizen fehlerfrei verzinnt werden, was für die Herstellung von Weißband eine erhebliche Vereinfachung bedeutet.

Baugrundsätze.

Den eigentlichen Glühraum solcher Öfen, Abb. 1 und 2, bildet ein Rohr von rundem oder eckigem Querschnitt, das je nach der geforderten Glühtemperatur aus Flußstahl oder feuerfestem Guß besteht. An das den eigentlichen Glühraum bildende Rohr im Innern des Ofens schließt sich außerhalb des Ofens eine Verlängerung vom gleichen Querschnitt an, in der das glühend aus dem Ofen ausgetragene Gut erkaltet. Eine Zunderbildung wird dadurch vermieden, daß die Abkühlkammer ebenso wie das Glührohr von Schutzgas durchströmt wird. Um den Schutzgasverbrauch so klein wie möglich zu halten, empfiehlt es sich, die Hauptachse des Ofens schräg aufwärts anzuordnen und das Schutzgas dem höher gelegenen, dem Austragende, zuzuführen. Um das höher gelegene Austragende gegen die Außenluft abzuschließen, wird ein Sandverschluß mit trichterförmigem Aufsatz verwandt, den das austretende in der Nachkammer erkaltete Glühgut durchdringt.

Innerhalb des Ofens ist das den Glühraum bildende Rohr außen mit einer elektrischen Heizwicklung bewickelt; auf die elektrisch beheizte Länge sind Glührohr und Heizwicklung in einen ebenfalls luftdicht ausgeführten Außenmantel eingebaut. Der Zwischenraum zwischen dem Glührohr mit seiner Heizwicklung und dem äußeren Mantel ist mit körnigem, feuerfestem Stoff ausgefüllt; diese Füllung bewirkt zugleich, daß die immerhin erheblichen Gewichte des Glührohres und des Glühgutes aufgenommen und unschädlich auf den äußeren Mantel mit seinem großen Widerstandsmoment übertragen werden, so daß Formänderungen des Glührohres trotz der hohen Temperatur und der erheblichen Gewichtbelastung vermieden bleiben. Um eine freie Wärmedehnung des Glührohres im

Abb. 1. Ununterbrochen arbeitender elektrischer Blankglühofen.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1101.

Abb. 2. Schnitt durch einen ununterbrochen arbeitenden elektrischen Blankglühofen[1]).

Verhältnis zum Außenmantel zu gewährleisten, stellt man am Einführende eine luftdichte Verbindung zwischen Glührohr und Mantel durch eine asbestgepackte Stopfbüchse her.

Schutzgas.

Der Raum zwischen dem äußeren Mantel und dem Glührohr mit seiner Heizwicklung wird ebenfalls von Schutzgas durchströmt, so daß auch die Heizwicklung und die Außenseite des Glührohres vor jeder Zunderbildung vollkommen geschützt bleiben. Man leitet zweckmäßig das Schutzgas zuerst dem höher gelegenen Ende des Ofenmantels zu, führt es am tiefer gelegenen Ende des Ofenmantels wieder ab und von dort aus dem höher gelegenen Ende der Nachkammer zu, so daß der gleiche Gasstrom die Heizwicklung, das Glührohr von außen, das Glührohr von innen und das Glühgut schützt. Der Verbrauch an Schutzgas für 1 t Glühgut wird so auf ein Mindestmaß heruntergedrückt.

Da die als Schutzgas benutzten Gase im allgemeinen eine bessere Wärmeleitfähigkeit als Luft aufweisen, anderseits eine möglichst gute Wärmeisolation bei ununterbrochen betriebenen Öfen erstrebenswert ist, wird der ganze bis jetzt beschriebene Ofen nochmals in einen weiteren Mantel eingebaut und der Zwischenraum zwischen dem Außenmantel und dem Zwischenmantel mit Kieselgur ausgefüllt. Dadurch wird erreicht, daß der Außenmantel bei einer Glühraumtemperatur von 900 °C höchstens 60 bis 65 ° warm wird, die Wärmeverluste des Ofens also außerordentlich gering werden. Die Wärmeausdehnung des Glührohres kann zugleich benutzt werden, um die Stromzufuhr zum Ofen selbsttätig zu steuern, wodurch die Temperatur im Ofen auf ± 5 bis 10 °C gleichbleibend erhalten wird.

Als Schutzgas kann Wasserstoff, Kohlenoxyd, gereinigtes Generatorgas oder Leuchtgas benutzt werden. Für kohlenstoffarmen Werkstoff wird als Schutzgas Wasserstoff angewendet, der bewirkt, daß eine Schicht von weniger als 0,01 mm Dicke entkohlt wird. Diese äußerst dünne Haut weichsten, entkohlten Eisens wirkt z. B. beim Ziehvorgang in der gleichen Weise wie ein dünner Hauch von Kupfer, der häufig durch Eintauchen in Kupfervitriollösung zur Erleichterung des Ziehens erzeugt wird, und bewirkt dadurch ein außerordentlich leichtes und geschmeidiges Ziehen und Walzen. In Fällen, in denen auch diese äußerst dünne weiche Haut von 0,01 mm Dicke vermieden werden muß, empfiehlt es sich, als Schutzgas Kohlenoxyd oder reines Generatorgas zu verwenden, das weder auf weichen Werkstoff kohlend, noch auf harten entkohlend wirkt, somit also im Sinne des Glühvorganges ein vollkommen neutrales Gas darstellt. In Fällen, in denen eine oberflächliche Kohlung erwünscht ist, kann als Schutzgas ein karburiertes Generatorgas oder Leuchtgas verwandt werden. Es ist lediglich dafür Sorge zu tragen, daß die als Schutzgas zu benutzenden Gase frei von Wasserdampf, dessen Sauerstoffgehalt eine Oxydation bewirken würde, und ebenso frei von Schwefel sind, da Schwefel ebenso wie Sauerstoff Anlauffarben hervorruft und den Werkstoff schädigt.

[1]) Die in der Abbildung fortgelassene Austragkammer schließt sich rechts an das Glührohr an. Ihrem oberen, durch einen Sandverschluß abgedichteten Ende wird das Schutzgas vom linken unteren Ende des Mantels her zugeführt.

Da das Schutzgas den Ofen in ununterbrochenem Strome durchfließt, ist sein Verbrauch gering. Es ist möglich, für 1 t Glühgut mit 0,5 bis 0,2 m³ Schutzgas auszukommen, sofern nicht etwa Werkstücke mit Walzhaut geglüht werden, deren Reduktion zu metallischem Eisen einen höheren Schutzgasverbrauch erfordert.

Elektrische Eigenschaften.

Zum Umsetzen der dem Ofen zugeführten elektrischen Energie in Wärme dient eine auf das Glührohr aufgebrachte Heizwicklung. Da das Heizband durch das Schutzgas vor jeder Zunderbildung geschützt ist, kann ein gewöhnliches Eisenband benutzt werden, dessen Querschnitt je nach Größe des Ofeninnenraumes und je nach Durchsatzmenge etwa zwischen $0{,}5 \times 10$ und 2×20 mm² beträgt. Der elektrische Widerstand des Eisens hat einen ziemlich hohen Temperaturbeiwert; infolgedessen nehmen solche Öfen beim Anheizen zunächst verhältnismäßig viel elektrische Energie auf, so daß die Temperatur rasch ansteigt. In Fällen, in denen dies betriebstechnisch unerwünscht erscheint, wird als Stoff für das Heizband ein legiertes Eisen oder auch Chromnickel verwandt. Der Schutz des Heizelementes vor Zerstörung und Zunderung ist so vollkommen, daß selbst in mehrjährigem Betrieb solcher Öfen ein Erneuern des Heizelementes nicht erforderlich ist. Je nach den Betriebsbedingungen des Ofens kann die Lebensdauer einer Heizwicklung zwei bis fünf Jahre betragen.

Die Öfen können für Gleichstrom, Einphasenstrom oder Drehstrom gebaut werden; die Betriebspannung beträgt im allgemeinen 220 oder 380 V. Beim Betrieb mit Drehstrom teilt man die Heizwicklung in drei gleiche Zweige auf, die durch einen dreipoligen Hebelumschalter von Hand beliebig auf Stern oder Dreieck geschaltet werden können. Zum Zwecke der Temperaturregelung kann der Heizstrom auch selbsttätig durch Schützen gesteuert werden, deren Steuerung wieder durch die Wärmeausdehnung des Glührohres ausgelöst wird. Es genügt, wenn die Höhe der durch die selbsttätige Regelung gleichbleibend gehaltenen Temperatur etwa alle acht Tage einmal durch Einschieben eines Thermoelementes in das Glührohr nachgeprüft und gegebenenfalls etwas nachgestellt wird. Der Leistungsfaktor solcher mit Drehstrom betriebener Öfen beträgt auch bei den größten Ofeneinheiten $\cos \varphi = 0{,}93$ bis $0{,}97$, so daß sie infolge ihrer gleichmäßigen Leistungsaufnahme bei höchstem elektrischem Leistungsfaktor eine sehr angenehme Belastung für das Kraftwerk darstellen. Bei Fremdbezug der elektrischen Energie wird mit Rücksicht auf die gleichmäßige Leistungsaufnahme und den günstigen $\cos \varphi$ wohl stets auf einen besonders günstigen Strompreis gerechnet werden können.

Der Energiebedarf eines solchen im Dauerverfahren betriebenen elektrischen Glühofens besteht aus zwei Teilen: Der erste Anteil dient dazu, den Ofen dauernd auf der gewünschten Temperatur zu erhalten, d. h. die Strahlungs- und Ableitungsverluste zu decken. Dieser Anteil hängt lediglich von der Größe des Ofens ab, d. h. von der Gesamtoberfläche des Glühraumes und von der Güte der Wärmeisolation, und ist unabhängig davon, ob der Ofen mit viel oder wenig Glühgut beschickt ist oder gar völlig leer geht; dieser Anteil ist also als thermischer Verlust anzusehen. Der zweite Anteil dient zum Erwärmen des eingebrachten Glühgutes; dieser Anteil wird restlos in Nutzwärme verwandelt.

Die Rechnung stimmt durchaus mit der in der früheren Veröffentlichung[2]) bekanntgegebenen überein. a) Die Anzahl kWh, die auf 1 m² der Oberfläche des Glühraumes dem Mauerwerk zugeführt werden muß, wird hier gleich null. b) Die Arbeit, die auf 1 m² der Oberfläche des Heizraumes nach Erreichung der Höchsttemperatur ständig zugeführt werden muß, um den Ofen dauernd auf

[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1101.

Höchsttemperatur zu erhalten, wird hier infolge der besseren Isolation je nach Größe des Ofens gleich 3 bis 4,5 kWh/m². Daraus ergibt sich der Anschlußwert eines Ofens, dessen Glühraum 250 mm Dmr. und 8 m Länge hat, bei einem stündlichen Durchsatz von 1 t Glühgut auf 820 °C Glühtemperatur mit 210 kW; wird der gleiche Ofen mit einem Stundendurchsatz von 0,5 t betrieben, so wird der Anschlußwert 117 kW. Im ersteren Falle beträgt der thermische Wirkungsgrad des Ofens 88,5, im zweiten Falle 79,5 vH.

Um eine ausreichende Elastizität im Betrieb und einen genügenden Spielraum für die selbsttätige Temperaturregelung zu gewährleisten, wird es zweckmäßig sein, den Anschlußwert eines solchen Ofens etwa 25 vH höher zu bemessen, als sich gemäß der vorstehenden Rechnung aus den Ofenabmessungen und der größten stündlich zu bewältigenden Durchsatzmenge ergeben würde.

Da die Öfen ununterbrochen betrieben werden, spielt der Energieaufwand zum ersten Erhitzen eine verhältnismäßig untergeordnete Rolle; das erste Anheizen erfordert je nach Größe des Ofens etwa 4 bis 8 Stunden.

Wenn es sich um die Bewältigung großer und gleichmäßig anfallender Glühgutmengen handelt, so kann es vorteilhaft sein, solche Öfen doppelläufig auszubilden, indem man in den gleichen Ofen zwei unmittelbar nebeneinander oder übereinander liegende und gemeinsam beheizte Glührohre einbaut, an die sich an beiden Enden je eine genügend lange Vor- bzw. Nachkammer anschließt. Wenn man die benachbart liegende Vor- und Nachkammer jeder Ofenseite mit einer gemeinsamen guten Wärmeisolierung umgibt und das Glühgut in dem einen der beiden Läufe z. B. von rechts nach links, im andern von links nach rechts wandern läßt, so bewegen sich beide Glühgutstränge im Gegenstrom, und es ist möglich, die von dem jeweils herauswandernden Glühgut abgegebene Wärmemenge auf die im andern Strang zuwandernde Glühgutmenge zu einem erheblichen Teil zu übertragen, so daß dieses bereits weitgehend vorgewärmt in den eigentlichen Glühraum des Ofens eintritt. Auf diese Weise kann erreicht werden, daß ein erheblicher Teil der in dem ausgetragenen Glühgut enthaltenen Wärmemenge dem Glühvorgang selbst zugute kommt; man erzielt so Ersparnisse an für eine Tonne Glühgut aufzuwendender elektrischer Arbeit bis zur Höhe von rd. 50 vH. Die Führung des Schutzgases bei solchen ununterbrochen arbeitenden Blankglühöfen mit Wärmerückgewinnung im Glühvorgang selbst gestaltet sich allerdings schwieriger und weniger vorteilhaft, so daß bei solchen Öfen mit einem etwas höheren Verbrauch an Schutzgas zu rechnen ist. [B 450]

Neuzeitliche Lokomotiv-Bekohlungsanlage[1].

Von der Firma Gebr. Rank, München, ist nach ihrer Schrägtaschenbauart eine neue Lokomotiv-Bekohlungsanlage in Eisenbeton geschaffen und dient zum schnellen Beschicken der Lokomotiven mit Steinkohlen, Kohlenpreßlingen, Wasser und Sand, Abb. 1 und 2.

Die Kohlen werden aus besondern Bunkern vom Kohlenplatz mittels einer Seilbahn in den Dachraum befördert, wo die ankommenden Seilbahnwagen durch Kippen in die schrägen Silozellen entladen werden. Zum Beschicken der Lokomotiven mit Kohlen dienen selbsttätig aufzeichnende Wiegegefäße, die zur Vermeidung von Staubentwicklung dicht auf den Tender herabgesenkt werden können. Nach Öffnen des an der Stirnseite angeordneten Rundschiebers rutschen die Kohlen in den Tender.

In gleicher Weise wie die Steinkohlen werden die Preßlinge in den Dachraum befördert, um auf einer eigens ausgebildeten Brikettrutsche in die verschiedenen Stockwerke zum Lagern zu gelangen. Für den Verbrauch werden die Preßlinge in Kippwagen geladen, die auf dem Rundgang des ersten Stockwerks herumgefahren werden können. Über den Bekohlgleisen befinden sich heb- und senkbare Rutschen, so daß durch Kippen der Wagen die Preßlinge abgegeben werden können.

Im Erdgeschoß ist eine Vortrockenanlage für Sand eingerichtet, von wo aus dieser in einem Gleiswagen mittels eines Aufzuges in einen hochgelegenen Sandbunker gehoben wird. Nach Bedarf kann dann durch Öffnen eines Schiebers eine beliebige Menge Sand entnommen werden.

Die Lokomotiven werden aus einem entsprechenden Behälter mit Wasser gespeist, der zwischen den oberen Stockwerken eingebaut ist. Im Erdgeschoß sind Aufenthalträume und sanitäre Anlagen für die Bedienung untergebracht.

Als besonderer Vorteil der Schrägtaschenbauart kann neben der Möglichkeit des Einlagerns verschiedener Kohlensorten die Verringerung der Fallhöhe der Kohlen bei großen Mengen angesprochen werden. Infolge der Reibung der Kohlen an den schrägen Wänden entsteht ein wesentlich kleinerer Druck, als der Silohöhe entspricht. Neben der betriebstechnisch einwandfreien Ausführung fällt die architektonische Durchbildung der Anlagen angenehm auf. [M 868] Weicken.

[1]) Aus dem Bericht des Ausschusses für wirtschaftliches Förderwesen beim AWF Berlin NW, Schadowstr. 16, über die Verkehrsausstellung München.

Abb. 1 und 2. Lokomotiv-Bekohlungsanlage in Eisenbeton, erbaut von Gebr. Rank, München.

Abb. 1.

Abb. 2.

Filter mit ununterbrochener Arbeitsweise.

Von Dr.-Ing. K. W. Geisler, Berlin.

Die dem berechtigten Streben der Industrie nach Hochleistungsfiltern mit ununterbrochener Arbeitsweise* entgegenkommenden Bauarten der Trommel-, Trommelzellen- und Planzellenfilter werden nach ihrem Aufbau und nach ihrer Leistungsfähigkeit beschrieben und beurteilt.

Die in der chemischen Industrie so zahlreich verwendeten Nutschen und Filterpressen zeigen den Übelstand, daß sie nach jedem Arbeitsgang entleert werden müssen. Die Filtertücher müssen oft ausgewechselt werden und leiden dabei häufig Schaden. Abgesehen von der durch diese Umstände bedingten verhältnismäßig geringen Leistungsfähigkeit der Nutschen und Filterpressen ist der Betrieb mit ihnen recht unsauber und lästig. Filter mit Sand, Kies, Koks und Ähnlichem als Filtermasse eignen sich überhaupt nur für solche Filterungen, bei denen geringe Mengen fester Stoffe aus größeren Mengen Flüssigkeit auszuscheiden sind. Im umgekehrten Falle kamen bisher vorwiegend nur Filterpressen in Frage, die die Industrie je nach dem Verwendungszweck in den verschiedensten Bauarten lieferte.

Trommelfilter.

Die Bestrebungen, Filter mit ununterbrochener Arbeitsweise herzustellen, sind schon sehr alt. Jedoch ist es erst in den letzten Jahren geglückt, auf diesem Gebiet etwas wirklich Brauchbares zu schaffen. Hier sei das Filter der Linke-Hofmann-Lauchhammer-Aktiengesellschaft, Abt. Füllnerwerk, Bad Warmbrunn, Schlesien, angeführt, das in großen Mengen in der Papier- und Zellstoffindustrie zum Absondern der in den Ab- und Waschwässern noch vorhandenen Fasern dient. Das Wesen dieser Trommelfilter, Abb. 1, ist dadurch gekennzeichnet, daß sich ein endloses Band um eine Hohltrommel bewegt, die sich um eine wagerechte Achse dreht. Das unter dem geringen Überdruck der vorhandenen Wassersäule stehende reine Wasser fließt hindurch, die mitgeführten groben Teile haften an dem endlosen Band (Filz), das außerhalb der Trommel über verschiedene Umlenk- und Preßrollen geht, bis an der Fangstelle durch eine Gummiwalze oder ein Messer der Fangstoff abgewälzt oder abgeschabt wird.

Von Bedeutung ist, daß die Trommel nicht rund, sondern vieleckig ist, damit sie so bei ihrer Drehung besser ein Absetzen fester Teilchen in dem Trog, in dem sie sich dreht, verhindert. Dieser Trog ist an beiden Stirnseiten offen, so daß das Stoffwasser ohne weiteres abfließen kann. Der Zwischenraum (60 mm) zwischen der umlaufenden Trommel und dem Trogrand wird durch ein mit Versteifungshölzern *a*, Abb. 2, bekleidetes, ebenfalls umlaufendes Dichtungsband *b* so ausgefüllt, daß im Betrieb äußere und innere Kammer völlig getrennt sind. Das Dichtungsband *b* besteht aus Filz, der durch Stahlbänder *c* zusammengehalten wird. Die beiden Schlösser *d* dienen zum Anspannen der Stahlbänder derart, daß das auf der Trommel sitzende Band stark und das auf dem Ring des Troges sitzende Band schwach gespannt ist. Die Filtertrommel ist am Umfange mit Draht so bewickelt, daß die Windungen in der Mitte der Trommel beginnen und bei richtigem Drehsinn von dort nach außen verlaufen. Dadurch wird erreicht, daß ohne sonstige Vorrichtungen das über diesen Drahtwindungen liegende Filtertuch auseinandergespannt wird.

Verschiedene Möglichkeiten liegen vor, das Filtertuch durch Dampf und Wasser zu reinigen. Während des Betriebes geschieht das am besten durch die Kastenfilzwäsche.

Der Nachteil dieser Filter liegt darin, daß man nur niedrige Preßdrücke erzielen kann, und vor allem darin, daß diese Preßdrücke wegen der Höhe der Druckwassersäule im Trog unmittelbar vom Trommeldurchmesser abhängig sind. So müssen also Filter, die mit einem verhältnismäßig hohen Preßdruck arbeiten sollen, einen großen Trommeldurchmesser auch dann haben, wenn die geforderte Mengenleistung gering ist. In solchen Fällen muß dann die Trommelbreite verkleinert werden, was in manchen Fällen zu ganz unmöglichen Abmessungen führen würde. Diese Filter haben sich daher nur dort, und zwar recht gut, bewährt, wo ein verhältnismäßig kleiner Preßdruck bei großer Fördermenge nötig ist.

Es sind Trommeldurchmesser bis zu 3 m ausgeführt worden. Die Menge des Stoffwassers bei einem Filter mit 3 m Trommeldurchmesser und 3 m Trommelbreite beträgt z. B. bei der Papierherstellung etwa 2500 l/min und bei der Zelluloseherstellung etwa 5000 bis 7000 l/min. Auf diese beiden Erzeugungszweige ist die Anwendung der Füllnerfilter aus den oben angeführten Gründen bisher im wesentlichen beschränkt geblieben.

Trommelzellenfilter.

Auf ähnlichen Grundlagen wie das Filter vom Füllnerwerk beruht auch das Trommelzellenfilter, das, von R. Wolf, A.-G., Aschersleben, Fr. Gröppel, Bochum, und anderen gebaut, in der gesamten chemischen Industrie und den verwandten Gebieten immer mehr angewendet wird. Seine Bauart ist nicht so verwickelt, wie die des Füllner-Filters, da die äußeren Hilfswalzen fortfallen und im wesentlichen nur eine einzige Trommel benutzt wird. Anderseits bietet das Filter von R. Wolf vermöge der Zelleneinteilung seiner Trommel die Möglichkeit, die verschiedenartigsten

Abb. 2. Dichtung zwischen Trommel und Trograd.

a äußere und innere Versteifungshölzer
b Dichtungsband
c zusammenhaltende Stahlbänder
d Spannschlösser.

Abb. 1. Füllnerfilter mit Kastenfilzwäsche. Mit der sich drehenden Trommel bewegt sich das endlose Filtertuch. Zufluß der zu filternden Flüssigkeit außen. Abfluß der Mutterlauge innen. Stoffabnahme durch Gummiwalze und Schabemesser.

Abb. 4 bis 6.

Trommelzellenfilter von R. W o l f, 10 m² Filterfläche.

a Filtertrommel
b Zellen
c Abführkanäle
d Steuerkopf
e Saugkammer des Steuerkopfes
f Waschkammer „ „
g Druckkammer „ „ } s. Abb. 3
h Blindstelle „ „
i Spülkammer „ „
m Siebblechumspannung der Trommel
n Schabemesser
o, p Abführkanäle aus dem Steuerkopf
q umlaufender Zwischenring zwischen Trommel und Steuerkopf.

Abb. 3. Schema eines Trommelzellenfilters.

Druckunterschiede auf beiden Seiten des Filtertuches hervorzurufen und so nach Bedarf den Filterkuchen mehr oder weniger stark auszupressen. Allerdings hat auch bei diesem Filter der Druck eine theoretische Grenze: im Innern der Trommel könnte im Höchstfalle vollkommene Luftleere herrschen, während außen der äußere Luftdruck wirkt. Natürlich besteht noch die Möglichkeit, den Außendruck beliebig weit zu steigern durch Einbau der Filtertrommel in einen Druckraum. Die Vorteile dieser Filter liegen in der hohen Arbeitsgeschwindigkeit, die dem angewandten Druck annähernd verhältnisgleich ist, und in gesteigerter Wirkung beim Verarbeiten heißer Lösungen, die beim Filtern nicht verdampfen oder verunreinigt werden. Mit diesen Filtern können beliebige Trockengrade, wie mit jeder Filterpresse, jedoch in fortlaufendem Betrieb, erzielt werden, während man bisher infolge des erwähnten Zustandes sich mit einem gewissen Trockengrad begnügen muß. Bei allen Versuchen haben die Druckfilter die an sie gestellten Erwartungen erfüllt.

Die W i r k u n g s w e i s e des Trommelzellenfilters ist folgende: Die mit $n = 1/3$ bis 2 Uml./min und darüber umlaufende Filtertrommel *a*, Abb. 3 bis 7, ist durch Radialwände in einzelne Zellen *b* eingeteilt, die durch die Ka-

Abb. 10 bis 13. Spannvorrichtung für das Filtertuch.

Abb. 9. Trommelzellenfilter von R. Wolf in unbespanntem Zustande.

näle *c* mit dem Steuerkopf *d* in Verbindung stehen. Dieser Steuerkopf ist, wie Abb. 8 besonders deutlich zeigt, ebenfalls in einzelne Kammern eingeteilt, mit denen nun jede Zelle der Trommel nacheinander in Verbindung kommt. In der Kammer *e* des Steuerkopfes herrscht ständig Unterdruck, da sie durch den Stutzen *k* mit einer Vakuumpumpe verbunden ist. Durch die Kammer *e* und den Stutzen *k* wird also die Mutterlauge abgesaugt, vgl. Abb. 3 und 8. In der Regel herrscht auch in der Kammer *f* des Steuerkopfes, die mit dem Stutzen *l* in Verbindung steht, noch Unterdruck, und das Absaugen wird hier weiter fortgesetzt. Vielfach allerdings ist nach Abb. 3 bis 6 über der Trommel an der Stelle, die der Kammer *f* im Steuerkopf entspricht, eine Regenvorrichtung angebracht. Das Spülwasser tritt dann sofort durch den Filterkuchen in die Kammer *f* über und wird durch den Stutzen *l*, Abb. 8, abgesaugt.

Das Filtertuch wird über das den Mantel der Trommel bildende S i e b b l e c h *m*, Abb. 4, gespannt. In der Regel besteht dieses Siebblech, s. auch Abb. 9, aus Siemens-Martin-Stahl oder aus Phosphorbronze. Bei der Verarbeitung von Stoffen, die Stahl und Phosphorbronze angreifen, sind mit Erfolg Siebe aus anderm Metall angewendet worden.

Die F i l t e r b e s p a n n u n g besteht, je nach den Erfordernissen, aus Filtertuch, Drahtgewebe oder porösen Steinen; bei Verwendung der letzteren kann natürlich das Siebblech fortfallen. Die Spannvorrichtungen zeigen Abb. 10 bis 13.

Durch die Kammer *g* des Steuerkopfes, Abb. 3 und 8, tritt Druckluft in die jeweils entsprechende Zelle der Trommel. Dadurch wird die Schicht kurz vor dem Abheben durch den Schaber *n* aufgelockert, damit sie sich leichter aus den Poren des Filtertuches löst. Die Blindstelle *h* des Steuerkopfes entspricht der Stelle der Trommel, wo der Kuchen durch den Schaber abgenommen wird. Durch die Kammer *i* des Steuerkopfes strömt Druckwasser, Dampf oder Druckluft als Spülmittel für das Filtertuch, das nun, völlig gereinigt, in den nächsten Arbeitsgang eintreten kann.

Die Ableitungsrohre *o* und *p*, Abb. 5, können zu einem Rohr zusammengeführt werden, wenn der Filterkuchen nicht gewaschen wird oder eine getrennte Abführung von Mutter- und Waschlauge nicht in Frage kommt, und wenn der Druck während der ganzen Saugzeit gleichbleiben soll. In Sonderfällen kann aber auch getrennt abgeleitet werden derart, daß anfänglich schwacher und später starker Druckunterschied auf den Filterkuchen einwirkt.

Über den sonstigen Aufbau des Filters ist an dieser Stelle nicht viel zu sagen. Die gußeiserne Trommel läuft in den beiden auf den Trog aufgebauten Lagern. Bei einigen neueren Ausführungen ruht die Trommel mit den beiden Hälsen auf vier am Trogrand angebrachten Rollen. Der Steuerkopf wird durch einen Bolzen mit elastischem Zwischenglied, s. Abb. 4, gegen den Hals der umlaufenden Trommel gepreßt und durch Haltestifte am Drehen verhindert. Die eigentliche Abdichtung der Zellen am Übergang der Trommel in den Steuerkopf besorgt ein umlaufender Zwischenring *q*, der auf die am Steuerkopf befestigte Stirnscheibe gut aufgeschliffen wird. Hier ist der empfindlichste Teil des ganzen Filters. Die Anordnung ist jedoch so getroffen, daß keine Undichtheiten auftreten. Zwischenring und Stirnscheibe, die mit der Zeit dem Verschleiß unterliegen, sind leicht und billig auszuwechseln.

In den unteren Teil des Troges hat man ein R ü h r w e r k eingebaut, um ein Absetzen des Schlammes zu verhindern. Abb. 14 zeigt ein Schwenkrührwerk, das von der Maschinenfabrik Fr. Gröppel, Bochum, gern verwendet wird und ein besonders kräftiges Rühren des Schlammes zur Folge hat. Auch Schneckenrührer werden benutzt. Die Trommel wird über Stufenscheibe, Kegelrad und Schneckengetriebe in Drehung versetzt. Natürlich kann die Trommel ohne weiteres auch durch einen besonderen Motor angetrieben werden.

k, *l* Saugstutzen.

Abb. 8. Steuerkopf.

Abb. 7. Zellenfiltertrommel.

Abb. 14. Schwenkrührwerk von Fr. Gröppel.

Abb. 15. Trommelzellenfilter von R. Wolf mit Gummi-Abnahmewalze.

Der Filterkuchen wird vom Tuch durch ein gut einstellbares Schabemesser so abgenommen, daß keine Verletzung des Tuches auftritt.

Die für die verschiedenen Zwecke der chemischen Industrie notwendigen Sondereinrichtungen sind zum Teil schon oben erwähnt worden. Hierher gehört die Auskleidung der mit den zu verarbeitenden Stoffen in Berührung kommenden Teile durch entsprechende Schutzschichten (homogene Verbleiung, Verkupferung, Verzinnung, Hartgummiverkleidung; Herstellung aus Aluminium und rostfreiem Stahl). Dem betreffenden Stoffe muß ebenfalls die Ausbildung des Steuerkopfes angepaßt werden. Denn hier gilt es, die richtige Verteilung der einzelnen Vorgänge während eines Umlaufes vorzunehmen. Starke und schwache Luftleere haben mehr oder weniger starkes Trocknen und mehr oder weniger dicke Trockenschichten zur Folge. Die richtige Schichtdicke und der erreichbare Trockengrad werden am sichersten immer wieder durch Versuche für jeden einzelnen Stoff bestimmt. Durch entsprechende Ausbildung des Steuerkopfes kann man die Schichtbildung auf der Trommeloberfläche regeln und erreichen, daß die Mutterlauge in verschiedenen Konzentrationen getrennt aufgefangen wird.

Für die Verarbeitung solcher Stoffe, die auf der Trommel Risse bilden und natürlich dann sofort die Luftleere verderben, sind besondere Vorkehrungen getroffen worden: Eine Reihe von Walzen, über den ganzen Umfang der Trommel verteilt, oder eine besondere Zustreichvorrichtung drückt die Schicht wieder fest, bewirkt dadurch Zuschmieren der Risse und gleichzeitig besseres Auspressen des Kuchens.

a Mischwerk
b Zellenfilter
c Saugleitung
d Vakuumkessel
e Wasserabscheider Wasserablauf
g Filtratleitung
h Filtratpumpe
i Vakuumausgleichleitung
k Luftleitung
l Trockenluftpumpe.

Abb. 16. Schema für die Aufstellung einer Trommelzellenfilteranlage.

Abb. 18. Planzellenfilter, Bauart R. Wolf.

Bei kolloidalem Filtergut wird in der Regel eine Gummiwalze nötig sein, Abb. 15, die den Filterkuchen von der Trommel abnimmt. Erst an der Gummiwalze greift dann das Schabemesser an. Diese Einrichtung wird dadurch bedingt, daß ein Filterkuchen von kolloidaler Beschaffenheit die Poren des Filtertuches verschmiert und verstopft, wenn der Kuchen nicht vollkommen entfernt wird. Das geschieht aber nur durch Aufwickeln auf eine Gummiwalze.

Für Sonderzwecke wird der Trog bisweilen mit einer Heiz- oder Kühlschlange versehen.

Bei gewissen Arten von Filtergut muß, damit eine klare Lösung erzielt wird, eine künstliche Filterschicht aus den zu filternden Stoffen benutzt werden. Damit diese Kunstschicht nicht erhärtet und dann undurchlässig wird, sind ein oder mehrere selbsttätig wirkende Schabemesser vorgesehen, die nach einer einstellbaren Zahl von Trommelumläufen die Schicht abnehmen; diese kann sich dann wieder von neuem bilden. Ein selbsttätig arbeitendes Nebenschabemesser zeigt z. B. das Filter der Abb. 5.

Eine Art der Aufstellung des Filters mit den Hilfseinrichtungen ist in Abb. 16 ersichtlich. Ein Waschen des Filterkuchens ist für diesen Fall nicht angenommen. Vielmehr sind hier beide Saugleitungen vereinigt.

Die Wartung der Trommelzellenfilter ist so einfach, daß ein Mann den Betrieb mehrerer Filter zugleich überwachen

Zahlentafel 1. Kraftbedarf einiger Trommelzellenfilter von R. Wolf und der Hilfseinrichtungen.

Größe der nutzbaren Filterfläche m²	Kraftverbrauch des Zellenfilters PS	Kraftverbrauch der Luftpumpe PS	Kraftverbrauch der Filtratpumpe PS	Gesamt-Kraftverbrauch PS
0,5	0,75	1 bis 1,5	1,0	2,75 bis 3,25
1,5	1,0	2,5 „ 3,5	1,0	4,5 „ 5,5
3	1,5	7 „ 9	1,5	10 „ 12
6	2,5	11 „ 19	1,5	15 „ 23
10	4,0	23 „ 31	2,5	29,5 „ 37,5
20	6,0	38 „ 50	4,0	48 „ 60

Abb. 17. Einfluß der Zusammensetzung des Schlammes auf die Mengenleistung eines Filters.

Abb. 19. Gröppel-Planzellenfilter, Bauart Bölk.
a Beschickung *b* Spülwassereinlauf *c* Stoffabnahme.

kann. Die Zellenfilter von R. Wolf werden zur Zeit in sechs Größen, von 0,5 m² bis 20 m² Filterfläche, hergestellt. Fr. Gröppel baut Filter mit 0,5 bis 36 m² Filterfläche. Der Leistungsbedarf einiger Filter und der Hilfseinrichtungen folgt aus Zahlentafel 1.

Zahlentafel 2 gibt einige mittlere Leistungszahlen der Trommelzellenfilter wieder und bietet gleichzeitig einen Überblick über die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten und die erreichten Trockengrade.

Genaue Werte für die Leistungsfähigkeit eines Filters lassen sich nicht angeben, da diese sehr stark von der Beschaffenheit des Schlammes abhängig ist. Welchen Einfluß die Zusammensetzung des Schlammes auf die Mengenleistung des Filters ausübt, zeigt Abb. 17. Oftmals ist es wirtschaftlich, einen zu dünnflüssigen Schlamm vor dem Filtrieren im Absetzverfahren einzudicken.

Zahlentafel 2. Trockenleistungen der Trommelzellenfilter, bezogen auf Filterfläche und Stunde.

Stoff		Abgenommener Filterkuchen kg/m²h	Wassergehalt des Filterkuchens vH
Steinkohlenschlamm	flotiert	500 bis 2000	12 bis 24
	unflot.	300 „ 1200	18 „ 30
Braunkohlenschlamm . . (Schlotabwässer der Brikettfabriken mit rd. $1^1/_2$ bis 5 vH Feststoffgehalt)		75 „ 450	40 „ 50
Kalisalze	Chlorkalium . .	600 „ 2500	4 „ 18
	Künstl. Karnallit	400 „ 2000	
	Kaliumsulfat .	300 „ 800	
	Glaubersalz . .	1600 „ 3000	
Mais- und Kartoffelstärke		400 „ 800	36 „ 42
Gips und rohe Phosphorsäure		250 „ 450	25 „ 30
Kreideschlamm		80 „ 200	21 „ 24
Kalkschlamm		250 „ 400	38 „ 48
Farben		150 „ 475	51 „ 60
Kaolin, Ton und Porzellan		75 „ 300	24 „ 36
Zinkblende und Bleiglanz flotiert		250 „ 1500	11 „ 16
Zinksulfit		300 „ 1200	13 „ 18
Zellstoff (Sulfit-Zellulose)		400 bis 1500 kg Stoffbahn oder 20 bis 24 m³ Zellstoffbrei mit $1^1/_2$ bis 4 vH Feststoffgehalt	50 „ 80
Mineralöl mit Bleicherde .		300 bis 800 l klares Öl	—

Planfilter.

Kommt es darauf an, Stoffe zu filtern, die spezifisch schwer sind oder grobkristallinische feste Bestandteile enthalten, so versagen die Zellenfilter mit Filtertrommel. Während die leichteren Feststoffe mit der Flüssigkeit abgesaugt werden, wobei dann meist die feinen Teilchen in die Poren eindringen und ein Verstopfen des Filterstoffes herbeiführen, senken sich die schweren Bestandteile trotz kräftiger Rührwerkwirkung auf den Boden des Troges ab, sammeln sich dort an und rufen durch Verdickung ein Festsetzen des Rührwerks, nicht selten sogar einen Bruch hervor.

Zum Filtern von grobkörnigen Stoffen, wie Rückstandsalz, Feinkohle von mehr als 4 mm Körnung, und von spezifisch schweren Stoffen (Magnesitsalz, Erze usw.), die sich durch die Trommel nicht mehr ansaugen lassen, hat man daher Planfilter mit wagerechter Filterplatte gebaut, bei denen der zu filternde Stoff von oben aufgetragen wird. Da man die Schichtdicke beliebig steigern kann, so ist eine beträchtliche Erhöhung der Mengenleistung möglich. Unter bestimmten Bedingungen kann die zehn- bis zwanzigfache Mengenleistung auf diese Weise erreicht werden.

Den Aufbau der Planfilter, die seit kurzem auch von der Ascherslebener Maschinenfabrik R. Wolf und von der Maschinenfabrik Fr. Gröppel in Bochum hergestellt werden, zeigen Abb. 18 und 19. Die Grundgedanken des Trommelfilters treten auch hier auf. Die Zelleneinteilung, der Steuerkopf (hier Steuergehäuse), die Zuleitungen zu diesem, die Siebplatte mit dem Filtertuch, die Abnahme- und Spülvorrichtungen sind im wesentlichen dieselben, nur anders ausgebildet wie bei der Trommel. Der auf Rollen laufende Filtertisch wird durch Zahnräder oder Schneckentrieb in Drehung versetzt. Im Mittel beträgt die Umlaufzahl des Tisches 1 Uml./min; sie ist jedoch sehr stark von der Beschaffenheit des zu verarbeitenden Stoffes und dem gewünschten Trockenheitsgrad abhängig. Versuche haben gezeigt, daß gründliches Auswaschen beim Planfilter leichter möglich ist als beim Trommelzellenfilter.

Das Planfilter wird sich bald größere Verbreitung schaffen. Auch als Druckfilter dürfte es sich bewähren. Genauere Untersuchungen und längere Erfahrungen mit Planfiltern liegen z. Zt. noch nicht vor. Man kann aber annehmen, daß nunmehr auch jene Betriebe fortlaufend filtern können, die bisher infolge der Eigenart der zu verarbeitenden Stoffe vom Trommelzellenfilter nicht Gebrauch machen konnten. [B 772]

Hammerschraube von Parker-Kalon.

Die Befestigung von Nummern-, Leistungs-, Gewähr-, Firmenschildern usw. an Maschinenkörpern erfolgt gewöhnlich durch Schrauben, was bei Massenherstellung zeitraubend und kostspielig ist, wenn man keine elektrischen Schraubenzieher verwendet. Ein neues, praktisches amerikanisches Maschinenelement macht den Schraubenzieher entbehrlich; es handelt sich um eine Vereinigung von Niet und Schraube mit sehr hoher Steigung, so daß es möglich ist, sie mit dem Hammer einzutreiben.

Das aus diesem Grunde „Hammerschraube" genannte Befestigungselement besteht aus gehärtetem Stahl und wird in die dem Durchmesser des vorderen Führungszapfens entsprechende Bohrung mit dem Hammer eingetrieben. Das Gewinde ist spitzwinklig und schneidet sich in den Baustoff hinein. Die Schrauben werden in dreißig verschiedenen Größen von 1,3 bis 5,54 mm Durchmesser auf Lager gehalten. Wichtig ist, daß der Zapfen der Hammerschraube sich genau in der Bohrung führt, und da der Durchmesser des Zapfens etwas größer als der Innen- und etwas kleiner als der Außendurchmesser ist, so preßt sich das verdrängte Material beim Einhämmern in die Gewindegänge, wodurch ein Lockern verhindert wird. Man kann die Schraube in Stahl, Gußeisen und natürlich auch in alle weicheren Baustoffe einschlagen. Für besondere Zwecke werden sie auch mit Messingüberzug oder vernickelt, verkupfert, schwarz angelassen usw. geliefert.

Ein Lösen der Hammerschraube ist begreiflicherweise nicht möglich, darin beruht gerade ihr Vorteil; die Befestigungsschilder können also nur durch Abschlagen der Schraubenköpfe entfernt werden.

In allen Fällen, wo es auf eine so dauerhafte Befestigung der Schilder nicht ankommt, wird es natürlich auch genügen, wenn man die Schilder nur durch einfache Kupferniete befestigt, die in die einige hundertstel Millimeter kleiner gebohrten Löcher durch Hammerschläge eingetrieben werden. [N 942] B.

Hans Bunte †.

Geheimer Rat Professor Dr. phil. Dr.-Ing. eh. Hans Bunte, geboren am 25. Dezember 1848 in Wunsiedel (Fichtelgebirge, Oberfranken), gestorben am 17. August 1925 in Karlsruhe.

Siebenundsiebzig Lebensjahre liegen zwischen dem Geborenwerden und dem Sterben des Mannes, dessen große erfolgreiche Lebensarbeit für alle Zeiten mit der Geschichte deutscher Gastechnik und Feuerungstechnik verbunden bleiben wird. Ein halbes Jahrhundert nimmer ermüdender, pflichttreuer, Wissenschaft und Technik fördernder Berufsarbeit liegen abgeschlossen vor uns. Einer der großen Lehrer, Forscher und Förderer der Industrie ist von uns gegangen. Tief empfinden die Männer der Technik, was Hans Bunte für die deutsche technische Wissenschaft und ihre praktische Anwendung bedeutet hat.

Der Vater Buntes war Rechtsanwalt und Notar. Er schickte seinen Sohn nach Erlangen aufs Gymnasium und ließ ihn dann am Polytechnikum in Stuttgart studieren. Der junge Student schwankte noch zwischen Maschinenbau und Chemie, entschied sich aber für die chemische Wissenschaft und ging nach wenigen Semestern nach Heidelberg, um dort Bunsen, Helmholtz und Kirchhoff zu hören. Um dem Vaterhaus näher zu sein, kam er nach Erlangen, erwarb sich dort den Doktorgrad, unterrichtete einige Monate in seiner Vaterstadt an der Gewerbeschule und ging dann 1872 als Assistent zu Erlenmeier, der früher in Heidelberg und jetzt in München lehrte. Hier in dieser ersten akademischen Lehrtätigkeit erwarb er sich umfassende Kenntnisse in analytischer und organischer Chemie, die ihm für seine späteren Arbeiten von besonderem Werte waren.

Bald kam Bunte auch mit der Praxis in Berührung. Linde suchte für seine ersten Eismaschinen einen geeigneten Stoff, Bunte bearbeitete für ihn die technische Herstellung von Methyläther. Diese Beziehungen zu Linde haben sich durch Buntes ganzes Leben erhalten. 1874 habilitierte sich Bunte an der Münchener Technischen Hochschule; er las über analytische Chemie und sodann als erster über Teerfarben. Später kamen Vorträge über Chemie der Gase und Feuerungskunde hinzu.

Wie Bunte zum Gasfach kam, erzählt er in seinen eigenen Aufzeichnungen: Entscheidend war hier ein Bekanntwerden mit N. H. Schilling, dem angesehenen Direktor der Gasgesellschaft in München. Der Polytechnische Verein, dessen Vorsitzender Schilling war, und in dessen chemischer Abteilung Bunte sich fleißig betätigte, bot die beste Gelegenheit zu diesem Bekanntwerden. Schilling begann, den jungen Chemiker zu schätzen, und forderte ihn 1874 auf, im „Journal" der Gas- und Wasserfachmänner der angesehenen Fachzeitschrift dieses Gebietes, mitzuarbeiten. Man brauchte hierfür einen guten Chemiker, und der Mangel an Fachwissen ließ sich ersetzen, wenn Lust und Zeit, sich in das neue Fach zu vertiefen, vorhanden waren. So begann bereits im Juli 1874 eine außerordentlich bedeutungsvolle Tätigkeit Buntes als Leiter einer großen Fachzeitschrift und als hervorragender technischer Schriftsteller. Schilling selbst hat Bunte, den er als chemischen „Konsulenten" des Gaswerks zuzog, die denkbar beste Gelegenheit geboten, die Gastechnik von Grund aus kennen zu lernen.

Ende der siebziger Jahre fallen dann besonders wichtige praktische und theoretische Untersuchungen Buntes über Gasfeuerungen, die zur Konstruktion des Münchener Generatorofens führten. Für die Durchführung der Versuche schuf Bunte die nach ihm benannte Bürette, das erste brauchbare und im Betrieb verwendbare gasanalytische Gerät. In der Heizungsversuchstation München wurde dann weiter 1878 bis 1881 unter Leitung Buntes erstmals der Heizwert der Kohlen bestimmt. Das Kalorimeter hierfür war so groß wie ein Dampfkessel. Es ist schwer, sich heute vorzustellen, wie gering die wärmetechnischen Kenntnisse vor 50 Jahren noch waren und wie mühsam hier Schritt für Schritt von Männern wie Bunte die wissenschaftliche Erkenntnis geschaffen werden mußte.

Das Leben brachte Bunte bald mit vielen hervorragenden Männern in enge Beziehung, mit Bach und Bauschinger, mit Engler in Karlsruhe, mit Oskar von Miller u. a. m. Bunte selbst sagte über diese Arbeiten: „Ich habe es stets als eine besondere Gunst des Schicksals aufgefaßt, daß ich an der Lösung dieser Grundfragen über den Heizwert der Brennstoffe, speziell der Steinkohle, die für unsre gesamte Feuerungstechnik von größter Wichtigkeit sind und ein halbes Jahrhundert ungelöst geblieben waren, in entscheidender Weise habe teilnehmen können." Immer weitere Unternehmungen und wissenschaftliche Arbeiten folgten, wovon für die achtziger Jahre besonders die Arbeiten über die Gasreinigung zu nennen sind.

Die Eisenbahnverwaltung wünschte, daß Bunte auch für Schmieröle Untersuchungen vornehmen und Lieferbedingungen aufstellen möchte. Zu diesem Zwecke trat er mit Engler in Karlsruhe in Verbindung, dessen Untersuchungen über das Erdöl allgemein bekannt waren. Diese erste Begegnung entwickelte sich bald zu einer das ganze Leben hindurch sich bewährenden Freundschaft, sie führte auch dazu, daß die Hochschule Karlsruhe Bunte 1887 als Ordinarius für Chemische Technologie berief. Bunte nahm diese Berufung an, so schwer es ihm auch wohl geworden sein mag, den großen Kreis von Mitarbeitern und Freunden in München zu verlassen.

Dem Gas- und Wasserfach blieb Bunte treu. Er blieb der Generalsekretär des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern und Schriftleiter des Gasjournals. Seiner großen Arbeitskraft gelang es trotz dieser Belastung, seine Vorlesungen über das gesamte Gebiet der chemischen Technologie, der Metallurgie und der Feuerungstechnik vorbildlich zu gestalten. Buntes Bestreben als Hochschullehrer war, mit Engler gemeinsam in erster Linie Chemiker der Hochschule, in der wissenschaftlichen Richtung den Studenten der Universität gleichwertig, auszubilden, darüber hinaus aber ihnen die Vorteile zu vermitteln, die sich aus der innigen Berührung mit den technischen Abteilungen einer Hochschule notwendigerweise ergeben müssen.

Unter Bunte wurde die an der Hochschule bestehende technisch-chemische Prüfungs- und Versuchsanstalt wesent-

lich erweitert. Er verstand es, ihr, wohl als der ersten ihrer Art, eine feuerungstechnische Abteilung anzugliedern. Vor allem aber wurde bedeutsam das von ihm begründete Gasinstitut, das zuerst als Lehr- und Versuchsanstalt des Deutschen Vereines von Gas- und Wasserfachmännern entstand. Am 16. Juni 1907 konnte es betriebfertig vom Verein übernommen werden, und von nun an wurden die erstatteten Berichte mit zum wichtigsten Teil der wissenschaftlichen Arbeiten, die im Verein vorgetragen wurden. Die engen Beziehungen, die Bunte persönlich mit dem Gasinstitut verbanden, wurden noch dadurch verstärkt, daß von 1908 an seinem Sohne Dr. Karl Bunte die Leitung übertragen wurde. Weitsichtig hat die deutsche Gasindustrie dafür gesorgt, daß dieses wichtige Institut 1913 und 1919 entsprechend erweitert werden konnte.

Mit der Lehrtätigkeit in der Hochschule ging Bunte bald bewußt über den Kreis der Studierenden hinaus. Er schuf Lehrgänge für Beleuchtungsingenieure, die er auch in dem Gasinstitut arbeiten ließ. Seiner persönlichen Tatkraft sind bemerkenswerte Fortschritte gerade auf dem Gebiet der Lichttechnik zu verdanken. Besondere Bedeutung aber gewann Bunte durch die Gaskurse, die er 1899 in Karlsruhe einführte, und bis 1918 hat er selbst sechzehn solcher Kurse mit je zwanzig bis dreißig Teilnehmern geleitet. Das Ziel dieser Gaskurse, die jeweils in den Osterferien abgehalten wurden, war es, den Männern der Praxis Gelegenheit zu geben, sich mit den neuesten wissenschaftlichen Errungenschaften durch Vorträge und praktische Übungen erneut bekannt zu machen. Der deutschen Gastechnik hat Bunte mit dieser planmäßigen wissenschaftlichen Durchdringung der praktischen Seite anerkannt große Dienste geleistet.

In Deutschland und weit über unsres Vaterlandes Grenzen hinaus ist die große, verdienstvolle Arbeit Buntes freudig anerkannt worden. Die Regierungen und die Fachgenossen haben es nicht fehlen lassen auch an äußeren Kennzeichen dieser Wertschätzung. Bunte selbst hat auch über eine fachwissenschaftliche Tätigkeit hinaus in Reich, Staat und Gemeinde der Öffentlichkeit gerne seine Dienste zur Verfügung gestellt.

Leben und Arbeit Hans Buntes ist so eng mit der Geschichte der deutschen Gastechnik verbunden, daß es eine sehr verdienstliche und reizvolle Aufgabe wäre, auf diese engen geschichtlichen Beziehungen ausführlich einzugehen. Hoffentlich gelingt es, einen seiner Schüler und Freunde für diese schöne Aufgabe zu gewinnen.

Die wissenschaftliche Durchdringung der Praxis war die große Aufgabe, die er sich gestellt hatte und an der er mit so großem Erfolg ein langes Leben hindurch gearbeitet hat. „Nicht ererbte Rezepte und Kunden — so spricht Bunte 1896 als Rektor zu seinen Karlsruher Studenten — sichern die Ernte und den Besitz; unablässige zielbewußte Arbeit allein gibt die Gewißheit dauernden Erfolges. Die Quelle dieses Erfolges entspringt aus der wissenschaftlichen Durchdringung der Praxis.“

Wir ehren sein Andenken, wenn wir in der Richtung, die er stets befolgt hat, jeder an unserm Teil arbeiten zum Wohle der gesamten vaterländischen Industrie.

[P 913] C. Matschoß.

Karlsruher Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure.

Fachsitzung „Entgasen und Vergasen“[1]

gelegentlich der 64. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Augsburg 1925.

Der Vorsitzende, Prof. Dr.-Ing. eh. L. Noé begrüßte die Teilnehmer und wies auf die Bedeutung und das Ziel der Tagung hin. Dipl.-Ing. zur Nedden sprach dann über „Wirtschaftsfragen der Entgasung und Vergasung“, Z. Bd. 69 (1925) S. 521. In der Aussprache zu diesem Vortrage wies Ingenieur Fabian darauf hin, daß durch Kürzung überflüssiger Einfuhrposten unsere Handelsbilanz gestärkt werden könne, z. B. sei Deutschland in der Lage, sowohl der Menge als auch der Güte nach, einen dem ausländischen ebenbürtiges Asphalt herzustellen. Alle Kohle vergasenden Betriebe müssen dafür Sorge tragen, daß Teere erzeugt werden, aus denen wertvolle Stoffe gewonnen werden können. Prof. F. Seidenschnur zeigte durch Wirtschaftlichkeitsberechnungen, daß die von zur Nedden aufgestellte wirtschaftliche Grundgleichung für einen großen Teil der deutschen Braunkohle bei der weiteren Verarbeitung auf Teer und Koks erfüllt werden kann. Durch unmittelbares Verfeuern des Brennstoffes unter dem Kessel gehen große Werte unseres Volksvermögens verloren. Dr.-Ing. Vater führte aus, daß wir in dem von Strache eingeführten Doppelgasverfahren über ein Mittel verfügen, die Kohle zu entgasen und die entstehenden Koks zu vergasen, wobei ein hochwertiges Gas, an Nebenerzeugnissen ein guter naphthalinfreier Urteer und Ammoniak gewonnen werden. Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens wird durch Zahlenangaben bewiesen. Von der Voraussetzung ausgehend, daß das Gewinnen von Öl für einen Staat eine Daseinsfrage ist, erläuterte Dipl.-Ing. Arnemann, daß der beschleunigte Umbau aller vorhandenen für das Braunkohlengebiet frachtgünstig gelegenen Vergasungsanlagen in Anlagen mit wirklicher Urteergewinnung zu einem wesentlichen Ölertrag führen würde. Direktor Westphal legte dar, daß es Aufgabe der Reichsregierung sei, dafür zu sorgen, daß die Ölerzeugung im Inlande dem Ölverbrauch angepaßt werde.

Den zweiten Vortrag auf der Tagung hielt Direktor Dipl.-Ing. B. Ludwig über „Die Entwicklung der Gaserzeugungsräume, ihr Einfluß auf die Erzeugnisse und die Wirtschaftlichkeit des Betriebes“, Z. Bd. 69 (1925) S. 523. Dr. H. Koppers[2]) erläuterte in der Aussprache, daß man bei dem Vortrag von Ludwig sich immer die wirtschaftliche Grundgleichung zur Neddens vor Augen halten müsse, in der der geldliche Wert der Koks den Hauptplatz einnimmt. Das wirtschaftliche Herstellen eines hochwertigen Gases und leicht verbrennlicher guter Koks erfordert eine geeignete Kohle und neuzeitige, richtig beheizte Entgasungsräume. Prof. Dr.-Ing. F. Häusser berichtete über die Versuche der Gesellschaft für Kohlentechnik[3]), bei denen an Koksproben in technischen Körnungen der Einfluß der Garungsverhältnisse, der Natur der Kokskohle sowie der Stückgröße der Koks auf die Verbrennlichkeit klargestellt und die Einwirkung verschiedener Faktoren auf die Sturz- und Abriebfestigkeit untersucht wurden. Oberingenieur Wagener sprach über den Einfluß der Ofenkammerbreite, der Art der Beheizung und des Ofenbaustoffes auf die Garungszeit und die Verkokungsgeschwindigkeit.

Im letzten Vortrag der Tagung behandelte Dr.-Ing. H. R. Trenkler das Thema „Die Verschwelung der minderwertigen Brennstoffe und ihre Zukunftsaussichten“, Z. Bd. 69 (1925) S. 555. In der sich anschließenden Aussprache betonte Dr. E. Roser, daß beim Entgasen das Bitumen minderwertiger Brennstoffe in Form hochwertiger Öle und reicher Urgase gewonnen werden müsse, um der Industrie den Halbkoks zu billigsten Preisen zu liefern. Dann ging Roser auf die Vorzüge des Drehofens, der sich als Schwelofen für den Dauerbetrieb bewährt hat, näher ein. Ingenieur Fabian führte aus, daß das Ziel des Verschwelens, unabhängig ob ein minderwertiger oder ein hochwertiger Brennstoff verarbeitet wird, in der Hauptsache das Zerlegen in einen Höchstwert von flüssigen und festen Bestandteilen sein müßte. Das anzuwendende Verfahren ist von Fall zu Fall eingehend zu prüfen. Über die in der Versuchsanstalt des Braunkohlen-Forschungsinstitutes in Freiberg aufgestellte Versuchsanlage und über die Ergebnisse der in der Anlage mit nasser Rohbraunkohle vorgenommenen Entteerungs- und Vergasungsversuche berichtete Prof. F. Seidenschnur. Auch Oberingenieur C. Bömcke hob hervor, daß wir aus volks- und geldwirtschaftlichen Gründen Rohstoffe und Halberzeugnisse unter Überspringen der Zerlegung nicht unmittelbar verwenden sollten. Er wies dann auf die Bedeutung des Zusammenhanges zwischen den angewandten Gasdrücken innerhalb der Erzeugerräume und dem Wandbaustoff und des Einflusses der Brennstoffbewegung auf den Baustoff und den Betrieb der Schwelöfen hin und schlug praktische Begriffe für Verbrennlichkeit und Vergasungsfähigkeit von Brennstoffen vor. Bergassessor F. W. Wedding berichtete über den von Dobbelstein erfundenen Schwelofen und seine Leistungsfähigkeit. Zu den Ausführungen von Bömcke und Seidenschnur machte Arnemann noch einige Angaben über die Wirtschaftlichkeit von Schwelanlagen, insbesondere für Braunkohle, die dann von Seidenschnur noch ergänzt wurden. [N 1056]

[1]) Die Aussprache wird, wie bereits in den VDI-Nachrichten vom 12. August 1925 unter der Ueberschrift „Hauptversammlung 1925“ angekündigt, in einem demnächst im VDI-Verlag erscheinenden Sonderheft „Entgasen und Vergasen“ in vollem Umfange veröffentlicht werden.

[2]) Der Beitrag wurde in Abwesenheit von Dr. Koppers verlesen. Die Beiträge von Prof. Dr.-Ing. Häusser und Oberingenieur Wagener sind der Schriftleitung schriftlich eingesandt worden.

[3]) „Stahl und Eisen“ Bd. 45 (1925) S. 878 und „Glückauf“ Bd. 61 (1925) S. 693.

RUNDSCHAU.

Aus dem Ausland.

Eisenhüttenwesen.

Neuerungen an englischen Walzwerken.

T. W. Hand[1]) erstattet unter dem Titel „Progress in British Rolling-Mill Practice" einen fesselnden Bericht über die neuzeitliche Gestaltung großer englischer Walzwerke. Er soll hier im Auszug wiedergegeben werden, weil die Anstrengungen im Britischen Reich, es in der Vervollkommnung der Hüttenwerke Amerika gleichzutun, zu manchem Rückschluß auf unsere deutschen Verhältnisse zwingen, zum anderen, weil er bemerkenswerte Einzelheiten enthält. Zunächst zu den letzteren:

Hand geht von der Überlegenheit, die die amerikanischen Walzwerke lange Zeit den englischen gegenüber aufwiesen, aus. Er erwähnt, daß die gedrungene 950er Blockwalze für schwache Profile, die weniger verlorene Breitung und darum geringeren spezifischen Kraftbedarf aufweist als größere, und der in Amerika und Deutschland längst eingeführte Kanthaken mit Führungslinealen erst spät, der letztere erst 1916 in England Eingang gefunden haben. Er führt dabei an, daß jetzt elektrischer Antrieb des Kanters und der Führungen allgemein sei, wobei die Führungen so gekuppelt sind, daß sie sich zu beiden Seiten der Walze stets in gleicher Stellung befinden. Bei dieser Gelegenheit bemerkt er von Amerika, daß für die gesamte Steuerung der Blockstraße neuerdings stets nur zwei Mann nötig seien: einer für die Rollgänge vor den Walzen und deren Anstellung, ein zweiter für die Walzenzugmaschine (durch Fußsteuerung) und die Führungslineale und Kanter (von Hand). Auf diese Weise ergeben sich erfahrungsgemäß die geringsten Aufenthalte und Ausbesserungen infolge schlechten Zusammenarbeitens, weil der eine Steuermann den Block kaum in die Walzen rollen werde, ehe er sie in richtige Höhenstellung, der andere die Strecke nicht anlaufen lassen werde, bevor er den Block vor das Kaliber gebracht habe.

Der Verfasser zeigt dann noch eine Sonderart des Hakenkanters für Brammen, bei der die Führungen entsprechend höher sind und gegenüber den Kanthaken eine Art von Rost mit verstellbarer Neigung angebracht ist, der ein sachtes Niederlegen der Brammen ermöglicht, indem er zugleich die Kantarbeit der Haken unterstützt. Führungen und Antrieb sind kräftig ausgeführt, so daß sie jeden Block zu bewältigen und schlechte, ausgeschweifte Ecken ohne weiteres einzuebnen vermögen.

Danach wird zunächst ein Walzwerk der Britannia Steel Works gezeigt, bestehend aus einer Blockstraße wie oben, die wechselweise auf zwei Fertigstraßen, eine Duo- und eine Triostraße, arbeitet, während in der zweiten Walzen gewechselt werden. Ein sehr großes Programm, für das rd. 250 Walzenpaare erforderlich sind, macht diese besondere Vorkehrung für einen Walzenwechsel ohne Störung des Betriebes nötig. Die Blockstraße liegt zwischen den Fertigstraßen, die beide von innen nach außen arbeiten. Bemerkenswert ist, daß der eine Walzmotor zwischen beiden Fertigstraßen, der andere außen liegt, so daß der äußere durch das Fertiggerüst auf die Vorwalze arbeitet. Der Walzwerker liebt diese Art des Antriebes nicht, doch ist sie auch in Deutschland als Notbehelf ohne Nachteile gewagt worden. Der Lageplan zeigt eine gute Ausnutzung des Platzes, namentlich nach der Breite, im übrigen aber nichts Besonderes. Anfechtbar ist die Anordnung der Öfen, Kessel- und Maschinenhäuser, die den Straßen von zwei Seiten die Luft nehmen, während sich vor die dritte die Warmbetten legen. Es wird also ein heißes Arbeiten an den Straßen sein!

Nicht empfehlenswert ist auch, daß alle Werkstücke durch die Blockstraße laufen müssen, da manchmal erwünscht ist, den Block vom Ofen unmittelbar in das Vorkaliber der Fertigstraße zu bringen. Ob die eine Heißsäge zwischen Strecke und Warmbett die Teilung des Walzgutes für die nicht sehr langen Warmbetten wird bewältigen können, wenn die vorgesehene Erzeugung von 220 t in einer Schicht von 8 h erreicht werden soll, ist zu bezweifeln. Hand sagt, daß in den letzten Jahren die Neigung, statt der Wechselstrecken nur eine einzige Fertigstraße anzuordnen, zunehme, wobei man die Nachteile durch verstärkte Mechanisierung auszugleichen suche. Als Beispiel wird eine 36″-Schienen- und Formeisenstraße von Baldwins Limited Margam Works mit getrennt angetriebenem, umkehrbarem Fertiggerüst angeführt.

Was die vermehrte Mechanisierung betrifft, so werden zunächst eine Anzahl neuer Kanter und Wender für Schienen und Formeisen gezeigt, von denen der Zangenwender besonders einfach erscheint. Bezüglich der Einzelheiten muß auf die Arbeit selbst verwiesen werden. Zum Ermöglichen eines raschen Ausbaues der obigen Straße werden Kasteneinbaue benutzt, neuerdings auch in Deutschland, so von Schloemann in Düsseldorf angefertigt, die aber statt vom Kran durch ein über dem Gerüst angebrachtes Druckwasser-Hubwerk ausgehoben werden. Aus den betreffenden Zeichnungen ist leider nicht alle wünschenswerte Klarheit zu gewinnen.

Neu ist eine Seitenstellung für Walzen, Abb. 1, die ihnen freie Längenausdehnung ohne verstärkte Reibung bei der Erwärmung gestattet. Großen Seitenschüben wird diese Anstellung kaum gewachsen sein; für das Walzen von Blöcken, wie in der Zeichnung angenommen, mag sie angehen. Aber auch da vermute ich, daß die hohen Flächendrücke in den Kegelflächen manches Warmlaufen oder Fressen verursachen werden.

Ausführlich behandelt ist weiter ein neuzeitliches Grobblechwalzwerk, bestehend aus einer Umkehrblechstraße und einer ebenfalls umkehrbaren Universalstraße. Hand tritt für Umkehrstraßen statt Triostraßen ein und gibt Mittel an, die Ungleichheit in Dicke und Breite beim Universalwalzen niedrig zu halten. Ein Stahl- und Plattenwerk der Redgar Steelworks (Dorman Long & Co. Ltd.), ähnlich angeordnet wie das oben geschilderte Walzwerk, aber seitlich etwas freier, wird im Lageplan wiedergegeben. Für diese und andere Grundrisse neuzeitlicher Walzwerke muß auf die Originalarbeit verwiesen werden. Bemerkenswert ist eine Schere mit Ennisschem Doppelrollgang (dieser fördert, wenn gleichlaufend, und dreht die Tafel, wenn entgegengesetzt angetrieben) und Magneten zwischen den Rollen zum seitlichen Verschieben und Niederhalten beim Schneiden. Als Leistung dieser Schere bei nur zwei Mann Bedienung werden 131 t Bleche in 8 h, seitlich beschnitten, angegeben. Auch auf den Kühlbetten werden die Bleche mittels Magneten unter- oder überfahren.

Eingehende Angaben sind über die einzelnen Straßen und Verfahren eines völlig neuzeitlichen Stab- und Formeisenwalzwerkes Templeborough Rolling Mill Plant (United Steel Co. Ltd.) gemacht, aus denen folgendes wiedergegeben werden soll.

Die Straßen sind teils ganz, teils halbkontinuierlich, im allgemeinen nach der in Amerika üblichen Weise angeordnet, aber mit stärkerer Rücksichtnahme auf großes Walzprogramm, also größerer Beweglichkeit. Hervorzuheben ist das Streben nach möglichst gleichmäßiger Walztemperatur und gleichmäßigem Ziehen, das durch selbstschreibende Kraftmesser fortlaufend überwacht wird, ferner nach kleinen Walzzeiten und kurzen Entfernungen vom Ofen zur Strecke. So wird an einzelnen Stabstraßen angeblich erreicht, daß zwischen dem Austritt der Spitze des Walzgutes aus der Ofentür und dem Verlassen des Fertigkalibers bei beliebiger Walzlänge nur 50 s verstreichen und daß sich bei den tatsächlichen Walzlängen beim Austritt der Spitze aus dem letzten Kaliber noch zwei Drittel des Knüppels im Ofen befinden! Die Folgen dieses Strebens nach kurzen Wegen und Walzzeiten sind geringer Walzabbrand, schönes Aussehen des Walzgutes, genaue Abmessungen und geringer Kraftbedarf. Der von mir bereits früher aufgestellte Satz: „größte Gleichmäßigkeit eines Betriebes ist gleichbedeutend mit höchstem Wirkungsgrad", scheint sich auch hier zu bewähren. Die obigen Grundsätze sind nicht alle neu, aber das Zielbewußtsein, mit dem sie planmäßig und ausnahmslos an den geschilderten Anlagen durchgeführt sind, ist bemerkenswert.

[1]) „Engineering" Bd. 119 (1925) S. 778 u. f.

Abb. 1. Anordnung eines englischen Walzwerkes: Seitenstellung für Walzen mit freier Längenausdehnung ohne verstärkte Reibung bei Erwärmung.

Abb. 2 bis 5. Hammer für Dauerprüfungen auf Biegung, Zug und Druck.

a Hammer *c* Kurbelzapfen *e* Schlagfedern
b Hubleiste *d* Antriebwelle *f* Schwungrad.

An Betriebzahlen sollen aus der Quelle angeführt werden: Kraftbedarf 12 bis 34 kWh/t für Knüppel von 100 bis 40 mm², 3½ kWh/t für sämtliche Hilfsmaschinen (ausgenommen die dampfangetriebenen fliegenden Scheren) für ausgewalztes Gut.

Arbeitskräfte: 48 je Schicht für eine Stabstraße von 30 t/h Erzeugung einschließlich aller Ofen-, Adjustage- und Steuerleute, 160 Mann je Schicht insgesamt für ein Walzwerk von rd. 500 000 t Jahreserzeugung.

Ausbringen an guter Ware von Feinstraßen 95 bis 97 vH, Kohlenverbrauch wie bei uns, teilweise höher, wo die Anlagen noch nicht voll betrieben werden.

Alles in allem: man sieht mit Erstaunen, wie der englische Walzwerker seinem amerikanischen Mitbewerber sowohl in bezug auf Höhe der Erzeugung als auf Ersparnis an menschlicher Arbeit nacheifert. In welchem Zeitmaß er dabei vorgeht, mag daraus erhellen, daß von einem der geschilderten neuzeitlichen Grobblechwalzwerke von ungefähr einer halben Million Tonnen Jahreserzeugung berichtet wird, vom Stillegen der alten Anlagen bis zur Inbetriebnahme der neuen, vollständig mechanisch und elektrisch betriebenen seien nicht zwei Jahre vergangen.

Es wäre zu wünschen, daß auch unsere Regierenden und Volksvertreter, nicht nur der Ingenieur und Volkswirtschaftler, den riesenhaften Anstrengungen der ausländischen Industrie, ohne jede Ansehung der Mittel auf die Höhe neuzeitlicher Technik zu kommen, einige Aufmerksamkeit widmen wollten. Die deutsche Industrie würde dann vielleicht weniger als ewig junge und blühende Milchkuh betrachtet werden, die augenblicklich zwar etwas unpäßlich, doch bald, „wenn die Konjunktur kommt“, wieder gesunden und von neuem Milch in Fülle geben wird, desto mehr, je gründlicher und gewissenhafter man sie ausmelkt! Ein verhängnisvoller Irrtum für unsere Arbeiterschaft so sehr wie für das Unternehmertum und den Staat, der von ihm lebt! Helfen kann uns nur dreierlei: zum ersten: heraus aus der Schuldenwirtschaft, mit Hilfe des Staates, wo er sie durch Besteuerung von Unternehmungen, die keinen Gewinn abwerfen, verursacht; zum zweiten: höchste Leistung der Menge und vor allem auch der Güte nach vom Vorstand bis zum jüngsten Arbeiter; endlich: jeder Pfennig, der verdient wird, muß aufgewendet werden zur Verbesserung unserer technischen Anlagen! [M 869]

Breslau. W. Tafel.

Werkstoffprüfung.

Neue Dauerprüfmaschine.

Für Ermüdungsversuche auf Schlag, wobei der Probestab sowohl auf Druck als auch auf Biegung oder auf Zug beansprucht werden kann, ist von Alfred J. Amsler & Co., Schaffhausen, eine Werkstoff-Prüfmaschine, Abb. 2 bis 5, ausgebildet worden. Ein Hammer wird in sehr rascher Folge und mit gleichbleibender Stärke so oft gegen den zu prüfenden Stab geschleudert, bis der Stab bricht oder eine vorher festgelegte Formänderung erlitten hat.

Der Hammer *a*, Abb. 2 bis 5, ist ein senkrecht geführter Schlitten mit einer Hubleiste *b*, die sich von oben her auf einen Kurbelzapfen *c* an der Antriebswelle *d* lehnt und durch Druck der Federn *e* mit dem Kurbelzapfen in Berührung gehalten wird. Der Schlitten trägt an seiner unteren Stirnfläche einen Stempel, der bei Druck- und Biegeversuchen in dem Augenblick auf den zu prüfenden Stab schlägt, in dem der Kurbelzapfen die Wagrechte durchläuft und der Schlitten seine Höchstgeschwindigkeit erreicht hat. Auf der Welle *d* sitzt das Schwungrad *f*, das durch Riemen von einem Elektromotor getrieben wird, und das der Welle *d* eine gleichförmige Umlaufgeschwindigkeit erteilt, die die Stärke des vom Hammer ausgeführten Schlages bestimmt. An der Welle *d* sind zwei einander gegenüberstehende Kurbelzapfen *c* angeordnet, wodurch man den Rückprall

des Hammers nutzbar macht, um ihn wieder zu heben und unnötige Schläge zwischen Kurbelzapfen und Leiste zu vermeiden; bei gleicher Drehzahl der Welle können außerdem doppelt so viele Schläge ausgeführt werden, als wenn nur ein Kurbelzapfen vorhanden wäre. Zur Vermeidung schädlicher Stöße kann die Kurbelwelle gegenüber dem Schwungrad nachgeben. Trifft der Kurbelzapfen hart gegen den Schlitten, so bleibt die Welle gegenüber dem Schwungrad etwas zurück, wodurch aber die Geschwindigkeit bei der Abwärtsbewegung des Schlittens nicht beeinflußt wird.

Bricht der Probestab, so läuft der Schlitten weiter abwärts gegen einen festen Anschlag, wodurch der elektrische Strom unterbrochen und die Maschine stillgelegt wird. Die Anzahl der Schläge wird an einem von der Kurbelwelle betätigten Zähler abgelesen.

Bei Biegeversuchen wird der Rundstab auf zwei in der Höhe einstellbare Auflager gelegt und durch Federn festgehalten. Während des Hämmerns wird der Probestab mit gleichmäßiger Geschwindigkeit um seine Achse gedreht, so daß die Schläge gleichmäßig auf den Umfang verteilt werden, Abb. 2, 3 u. 5.

Bei Druckversuchen wird der Probestab gegen einen Ständer unterhalb des Schlittens gelehnt und durch eine Feder dagegengedrückt.

Bei Zerreißversuchen wird der mit Gewindeenden versehene Rundstab durch ein Auge im oberen Holm des Maschinengestells sowie durch eines im oberen Holm des Hammers gesteckt, und an seine beiden Enden werden Stahlfutter geschraubt. Mit seinem oberen Ende hängt also der Stab im Maschinengestell. Beim Niedergang schlägt der durchbohrte obere Holm des Hammers auf das Futter am unteren Ende des Probestabes und ist bestrebt, den Stab zu zerreißen, Abb. 2 und 3.

Bei 300 Uml./min des Schwungrades werden 600 Hammerschläge ausgeführt. Das Hammergewicht beträgt rd. 3½ kg. Die Größe der Hammerkraft kann durch Änderung der Exzentrizität der Kurbelzapfen geändert werden, wodurch sich die lebendige Kraft des Hammers in den Grenzen von 7 bis 40 cmkg einstellen läßt. [M 844] Gw.

Prüfung von Gußstücken durch Röntgenstrahlen.

Erst die neuere Entwicklung der Coolidge-Röhre hat dem Verfahren der Gußstückprüfung durch Röntgenstrahlen[1]) praktische Bedeutung verliehen, weil erst dadurch die Möglichkeit gegeben wurde, auch bei Metallen mit hohem Atomgewicht, die schwer durchdringlich sind, Gußstücke mit praktisch vorkommenden Wanddicken zu prüfen. Während des Krieges wurde von diesem Verfahren bereits, wie Moultrop in einer Sitzung der American Society of Mechanical Engineers mitteilte, bei der Herstellung von Kriegsgerät Gebrauch gemacht. Der Nutzen ist zweifach, da die Feststellung von Fehlstellen neben der Beurteilung des Gußstückes an sich auch Hinweise zu deren Vermeidung ergibt. Die wirtschaftliche Spannungsgrenze für die Röhren liegt zurzeit bei 250 000 V, und damit läßt sich Stahlguß bis rd. 75 mm Dicke prüfen, unter günstigen Umständen bis 100 mm. Damit ist die Prüfung der Teile von Hochdruckmaschinen, die wegen der Gefahr schlechter Gußbeschaffenheit bei diesen besonders wertvoll wäre, vorerst noch nicht möglich, weil hierzu eine Spannung von rd. 600 kV erforderlich wäre.

Bei der Aufnahme von Röntgenphotographien werden die einzelnen Teile des zu untersuchenden Gußstückes, an denen vorzugsweise Fehlstellen zu erwarten sind, durch Bleiziffern gekennzeichnet, die in der Photographie scharf schwarz erscheinen und sie damit eindeutig örtlich festlegen. Unterschiede in der Dichte und Dicke des Werkstückes von 2 vH können bereits einwandfrei festgestellt werden. Besondere Schwierigkeiten verursacht bei der Aufnahme die Sekundärstrahlung der bestrahlten Teile unter dem Einfluß der Röntgenstrahlen, die durch Bleifilter von der empfindlichen Schicht ferngehalten werden muß. Der ganze Aufnahmeraum wird zum Schutz gegen die Einwirkung der Strahlen mit 6 mm-Bleiplatten ausgekleidet. Dicke Werkstücke erfordern 40 und mehr Minuten reine Belichtungszeit; da sich aber die Röhre inzwischen mehrmals abkühlen muß, so ist die wirkliche Belichtungszeit etwa doppelt so lang. Bei großer Verschiedenheit der Dicke einzelner Teile des zu untersuchenden Gußstückes müssen die dünneren Stellen durch eine dünne Bleiplatte abgedeckt werden, damit dort keine Überbelichtung eintritt; diese Schutzplatten zeichnen sich so scharf ab, daß eine Verwechslung etwa mit einer Bruchlinie nicht zu befürchten ist.

Für die wirkliche Lage der entdeckten Fehlstellen ist die Verzeichnung durch den geringen Abstand der Strahlenquelle zu berücksichtigen; die Röntgenphotographie erscheint als leichte Vergrößerung. Kann der Aufnahmefilm nicht eben gelegt werden, wie innerhalb eines Ventils, so kommt diese Verzerrung noch hinzu. Gaseinschlüsse erscheinen als runde Flecken, wandernde Gaseinschlüsse als kleine Kometen, Sandeinschlüsse als wolkige Stellen in der entwickelten Photographie. Brüche und Risse zeichnen sich nur dann deutlich ab, wenn die Strahlen in der Bruchebene eintreten. Soll daher eine verdächtige Stelle insbesondere auf Risse untersucht werden, so ist eine mehrfache Belichtung unter verschiedenen Winkeln erforderlich, um diese sicher aufzufinden.

Das Verfahren wurde bei der Prüfung von Gußstücken für das Weymouth-Kraftwerk der Edison Electric Illuminating Co. angewandt, das mit 85 at arbeitet, und bei dem diese Vorsichtsmaßregel daher besonders angebracht erschien. Besonders verwickelte Hochdruck-Ventilkörper wurden mit gutem Erfolge geprüft insofern, als sich schwere Gußfehler herausstellten. Dann wurden die Gußstücke einer hydraulischen Druckprobe mit dem vierfachen Betriebsdruck unterworfen; die entstehenden Formänderungen gingen, obwohl die Elastizitätsgrenze nicht erreicht wurde, erst ½ min nach Druckentlastung wieder vollkommen zurück. Rd. 50 Gußstücke, darunter das Turbinengehäuse, wurden auf diese Weise untersucht; fünf von ihnen wiesen schwere Fehler auf, der Rest erwies sich als einwandfrei. Am Turbinengehäuse wurde eine große Gasblase in einer Rippe ermittelt und durch Anbohren und Ausschweißen beseitigt. Da es sich im ganzen um eine einmalige Arbeit handelte, wie alle Gußstücke einmalige Ausführungen waren, läßt sich ein Urteil über den wirtschaftlichen Wert noch in keiner Weise fällen. Immerhin weist die Ermittlung verschiedener Gußstücke, die schwere und bestimmt betriebsgefährliche Gußfehler aufwiesen, auf den Wert der Untersuchung hin. Außerdem wurden wertvolle Hinweise für die Vervollkommnung der Gußtechnik gerade für diese schwierigen Gußstücke gewonnen. [N 786] Günther.

[1]) „Power" Bd. 61 (1925) S. 1023; vergl. Z. Bd. 63 (1919) S. 203 u. Bd 64 (1920) S. 461.

Werkstoffe und Werkstoffbearbeitung.

Schmelzbasalt.

Geschmolzener Basalt, ein neuer Werkstoff, soll an Stelle von Steingut, säurefestem Ton, zum Teil auch von Gußeisen und technischem Porzellan Verwendung finden[2]).

Der Rohstoff des Schmelzbasalts ist in Form der Abfälle der Basaltsteinbrüche überall in reichem Maße vorhanden. Die guten Eigenschaften des Gesteins, seine Härte, Undurchlässigkeit und Säurebeständigkeit werden seit langer Zeit ausgenutzt; der Basalt setzt jedoch seiner Bearbeitung, besonders beim Schneiden, infolge seines außerordentlich dichten Gefüges sehr großen Widerstand entgegen. Deshalb wurden seit langem Versuche angestellt, Basalt zu schmelzen, die nach dem Krieg, insbesondere in Frankreich, erneut aufgenommen und durch ein Nachglühverfahren so weit gefördert wurden, daß eine industrielle Fertigung begonnen hat und erstmalig Versuchsergebnisse der Öffentlichkeit bekanntgegeben werden.

Der Rohbasalt wird, nachdem das Gestein vorgebrochen ist, im Ofen geschmolzen; danach wird der flüssige Stoff in die Form gegossen, ähnlich wie bei der Graugußherstellung. Im Glühofen wird der Basalt ähnlich der Temperei nachbehandelt und bei besonders genau herzustellenden Stücken nachgeschliffen.

Die in Sortiertrommeln gesichteten Basaltstücke werden in elektrisch oder mit Öl- oder Masutfeuerung beheizte Schmelzöfen eingebracht. Aus diesen gelangt der geschmolzene Stoff in fahrbare, ebenfalls beheizte kleine Öfen und von hier aus in die Gießhalle. Die Schmelztemperatur des Basalts liegt bei rd. 1300 °C; die flüssige Masse kann von dem festen Gestein leicht getrennt werden, nur ist zu vermeiden, daß der geschmolzene Basalt einer zu hohen Temperatur ausgesetzt wird, da sonst das Gefüge des gegossenen Teiles nachteilig verändert werden kann. Die Öffnungen für den Abstich müssen von Zeit zu Zeit erwärmt werden, um Verstopfungen zu vermeiden. Die Aufnahmefähigkeit der Öfen schwankt zwischen 2 und 50 t; die Öfen werden je nach der Größe mechanisch oder von Hand beschickt.

Der Basalt wird entweder in Sandformen oder in Kokillen gegossen; das erste Verfahren ergibt glanzlose Erzeugnisse, während der Abguß in Stahlkokillen Gegenstände mit glasartiger Oberfläche erzeugt, aber wegen der verhältnismäßig hohen Kosten auf Teile beschränkt bleibt, die in großen Massen einer Größe hergestellt werden können.

Der wichtigste Teil der Bearbeitung besteht in einem Ausglühverfahren, wodurch ein Zurückkristallisieren des Schmelzerzeugnisses zum Gefüge des Basaltgesteins herbeigeführt wird. Die Glühdauer schwankt zwischen mehreren Stunden und einigen Tagen, je nach Abmessung und Verwendungszweck. Die Oberflächenteile, die an anderen Gegenständen genau anliegen sollen, werden nachgeschliffen.

Die Untersuchung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Schmelzbasalts im Conservatoire national des arts et métiers in Paris ergab folgendes:

Das spezifische Gewicht beträgt 2,8 bis 2,9. Als Druckfestigkeit werden 2900 kg/cm² angegeben, womit der entsprechende Wert für das Naturgestein wieder erreicht ist. Für Porzellan beträgt die Druckfestigkeit rd. 5000 kg/cm², so daß Schmelzbasalt dem bisher für Isolatoren benutzten Werkstoff nicht ebenbürtig wäre; jedoch werden von deutschen Firmen Zahlen von

[2]) „Le Génie civil" Bd. 87 (1925) S. 57.

6000 kg/cm² angegeben, womit man sich den Werten für Gußeisen nähert. Die Zugfestigkeit ist erheblich niedriger als bei diesem. Im Bericht wird angegeben, daß Probestücke bei einer Belastung von 3700 bis 4500 kg und einer Angriffsfläche von rd. 20 cm² zum Zerreißen gebracht wurden.

Die Widerstandfähigkeit gegen Abnutzung (in der Basaltindustrie wird der Ausdruck „Verschleißfestigkeit" benutzt) ist außerordentlich groß. Ein Probestab von 24 cm² Querschnitt wird gegen eine in Umdrehung befindliche, mit gepulvertem Sandstein bestreute gußeiserne Planscheibe gedrückt und verliert bei Steigerung der Umlaufzahl von 1000 auf nach und nach 4000 Uml./min bei je 1000 Umdrehungen durchschnittlich 0,092 cm³ auf je 1 cm² Berührungsfläche. Die Widerstandfähigkeit gegen Stoß wird im Vergleich mit Porzellan besonders hervorgehoben, ohne daß Zahlenangaben gemacht werden.

Schmelzbasalt ist außerordentlich dicht und nimmt Feuchtigkeit so gut wie überhaupt nicht an; vor allem aber hat er den gleichen Ausdehnungsbeiwert wie Schmiedeisen. Infolgedessen fällt bei Leitungsisolatoren das Verkitten und Vergipsen der Leitungsstütze völlig weg, da diese gleich in den Isolator eingegossen werden kann. Das Entfernen der Stütze aus dem Isolator ist allerdings unmöglich.

Ein besonderer Vorzug des Schmelzbasalts ist seine sehr große Widerstandfähigkeit gegenüber chemischen und thermischen Einflüssen. Bei den Versuchen sind Basaltprobestäbe bis zu 100 h in kochende und kalte Lösungen von konzentrierter und von verdünnter Salzsäure, Salpetersäure, rauchender Salpetersäure und Natronlauge sowie von Scheidewasser gelegt worden. Die Gewichtabnahme schwankte zwischen 0,0 und 0,86 vH, wobei letztere Zahl für konzentrierte Salzsäure gilt. Die schädliche Wärmeeinwirkung ist ganz unbedeutend. Bei Erwärmung bis auf 65 °C und plötzlicher Abkühlung in Wasser von 14 °C treten weder Brüche noch Rissebildung ein.

Das dielektrische Verhalten ist im Vergleich mit Porzellanisolatoren von besonderer Bedeutung. Zunächst wurden Versuche an Basaltplatten von 12 mm Dicke vorgenommen, bei denen der Durchschlag bei 66 000 V eintrat, während bei einer gleich starken Glasplatte das Durchschlagen bei 70 000 V erfolgte. Zum Zwecke der Feststellung der Überschlagspannung in trockener Luft wurde eine veränderliche Spannung mit einer Frequenz 42 zwischen den mit einem Leitungsstück versehenen Isolator und seine eigene Armatur geschaltet. Der Überschlag trat zwischen 35 000 und 43 000 V auf.

Die Regen-Überschlagspannung wurde ermittelt, während Isolatoren unter künstlichem Regen einer unter 45° einfallenden Niederschlagmenge von 5 mm/min einer nach und nach wachsenden Spannung ausgesetzt wurden, die bis zum Entstehen eines Lichtbogens gesteigert wurde. Das Durchschlagen trat 30 s danach auf. Bei der Bestimmung der Durchschlagspannung unter Öl wurde die Platte bei Spannungen zwischen 35 000 und 58 000 V durchschlagen. Erwähnt wird eine Neubildung der Masse unter hoher Spannung, so daß sich Oberflächenschäden und Risse füllen.

Ein Werkstoff mit teilweise so günstigen mechanischen, chemischen und elektrischen Eigenschaften bietet große Anwendungsmöglichkeiten. Aus Schmelzbasalt werden isolierende Schienenunterlagen, Kanalisations-Abdeckplatten, Gullydeckel, Fußbodenbeläge in Hütten- und Walzwerken, Eisenbahnsteige, Beläge in Kraftwagenhallen und chemischen Fabriken hergestellt. Da Schmelzbasalt gegenüber chemischen Einflüssen fast völlig unempfindlich ist, können Wannen zum Erhitzen von Flüssigkeiten, Säuredurchganghähne sowie Schaufelräder von Kreiselpumpen für Säurebewegung aus ihm hergestellt werden. Die Verwendung für Hochspannungsisolatoren scheint nur in Frankreich mit Erfolg versucht zu sein. Die insbesondere für Durchschlagspannungen angegebenen Werte genügen den Anforderungen, die in den deutschen Verbandsvorschriften gestellt werden, bisher noch nicht. Ein besonderer Vorzug besteht in dem Fortfall des Vergipsens oder Verkittens der Leitungsstütze, das sehr häufig ein Rissigwerden und Zerbrechen der Isolatoren verursacht.

Angaben über Preise sind nicht gemacht worden, jedoch ist gesagt, daß die Herstellkosten bei sehr billigen Rohstoffen bedeutend sind, so daß eine Fertigung nur dann möglich ist, wenn sich billige elektrische Energie oder ein Kohlenbezirk in der Nähe befindet. [N 854] Dinse.

Elektrische Warmbehandlung von Stahl in Amerika[1]).

Ein Vergleich der Art der Wärmeentwicklung im elektrischen Ofen mit der im gefeuerten Brennstoff ergibt, daß die Wärmeentwicklung im elektrischen Ofen dem Verbrauch vollkommen angepaßt werden kann. Vollkommene und genaue Regelung der Wärmeentwicklung muß für gleichmäßige Wärmeübertragung mit hohem Wirkungsgrad gefordert werden. Sie hängt ferner ab von der Wärmeleitfähigkeit des Einsatzes, seiner Masse und Oberfläche. Werden nur Teile eines Körpers dem Gasstrom ausgesetzt, oder wechseln Temperatur und Geschwindigkeit der strömenden Gase, so wird der Körper ungleichmäßig erwärmt. In brennstoffgefeuerten Öfen, besonders dann, wenn sie mit künstlichem Zug betrieben werden, führen die strömenden Verbrennungsgase Wirbelbewegungen aus, die sich ständig ändern. Die besten Ergebnisse einer genauen Wärmebehandlung werden daher in elektrisch beheizten Öfen erreicht. Pyrometer, unterstützt durch selbsttätige Temperaturregelung gestatten, die Temperatur der Ofenkammer auf etwa 25 bis 100 °C über der im Einsatz zu erreichenden Temperatur zu halten, um auf diese Weise rasches Durchschreiten des Umwandlungspunktes zu fördern und ebenso die Wärmeverteilung im Einsatz zu begünstigen. Da Ausdehnung und Zusammenziehung beim Umwandlungspunkt unmittelbar aufeinanderfolgen, ist daher längeres Verweilen am Umwandlungspunkt oder in dessen Nähe zu vermeiden; besonders dann, wenn das Stück starke Querschnittsänderungen aufweist. Das Durchschreiten des Umwandlungspunktes einzelner Teile des Werkstückes zu verschiedenen Zeiten wird Verziehen, unter Umständen sogar Risse und Brüche zur Folge haben, u. zw. schon während des Erhitzungsvorganges wie bei unzweckmäßigem Abschrecken.

[1]) „Forging-Stamping-Heat Treating" Bd. 11 (1925) S. 41.

Zahlentafel 1. Vergleich zwischen einem elektrischen und einem ölgefeuerten Ofen.

	Elektrischer Ofen	Ofen mit Ölfeuerung
Abmessung der Heizkammer mm	760 × 910 × 560	710 × 610 × 510
Temperatur . . . . . . °C	790	760
Brennstoff bezw. Energie zur Erreichung von 760 °C . .	8,04 kWh	7,5 l Öl
Einsatz an Stahl . . . kg/h	38	38
Aufwand zur Erhitzung dieser Stahlmenge	13,35 kWh	8,6 l/h Öl

Es hat sich gezeigt, daß Elektrowärme beim Glühen von Stahl die gleichen oder noch größere Vorteile wie beim Schmelzen und Verfeinern bietet. In den letzten fünf Jahren hat die Verbreitung der elektrischen Wärmebehandlung, wie Glühen, Zementieren, Härten und Tempern sowie Anlassen, ständig zugenommen, einerseits da es mit ihrer Hilfe möglich ist, die Gesamtkosten zu verringern, anderseits die Güte zu verbessern. Wenn Stähle mit stets gleichbleibenden Umwandlungspunkten verwandt werden, wie sie der Elektrostahlofen liefert, so werden elektrisch behandelte Stähle in Gleichmäßigkeit und Güte den in unseren heutigen brennstoffgefeuerten Öfen behandelten überlegen sein. Elektrische Öfen können für jede Leistung gebaut werden, und zwar in so einfacher Konstruktion, daß ihre Betriebsicherheit die der brennstoffgefeuerten Öfen erreicht, wobei der elektrische Ofen noch den Vorteil der geringeren Unterhaltungskosten aufweist. Des weiteren sinkt die Ausschußzahl bei Verwendung von Elektrowärme.

In Zahlentafel 1 wird ein elektrisch beheizter Ofen mit einem ölgefeuerten ähnlicher Abmessungen verglichen. Die Zahlen für die Betriebkosten sind aus der Zahlentafel fortgelassen, da sie sich für jeden Ort entsprechend dem Öl- und Strompreis ändern werden. Immerhin können die angegebenen Verbrauchzahlen zu einem Vergleich der Kosten bei elektrischer und Ölheizung herangezogen werden. Der elektrische Ofen hat während einer Betriebzeit von sechs Jahren keine Ausbesserungen erfordert.

In Öfen mit Widerstandheizelementen aus Metall können Temperaturen bis zu 1000 °C erreicht werden; sie sind in jeder Art und Größe ausführbar, z. B. als Unterflur-, Kammer-, Tunnel-, Stoßöfen, Öfen mit Förderband in senkrechter oder wagerechter Anordnung. Die Öfen können mit geringer Wärmekapazität gebaut werden und gewährleisten dadurch rasche Erhitzung.

Die Vorteile zweckmäßiger Glühung von Stählen vor der Bearbeitung sind erwiesen, und eine Glühdauer von 18 min/cm Dicke ist zu empfehlen. Die günstigsten Glühtemperaturen sind nach der Amerikanischen Gesellschaft für Materialprüfung in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt:

Kohlenstoffgehalt vH	Glühtemperatur °C
unter 0,12	875 bis 925
0,12 bis 0,25	840 „ 870
0,30 „ 0,49	760 „ 840
0,50 „ 1,00	790 „ 815.

Es ist wichtig, daß das Werkstück in allen Teilen die Glühtemperatur gleichmäßig erreicht. Wo hochwertige Erzeugnisse erstrebt werden, ist ein sachgemäß ausgeführtes Glühen als Grundlage für eine gute Wärmebehandlung nicht zu umgehen.

Die Bedeutung der Abschreckmittel wird in unserer Quelle ausführlich besprochen, ohne jedoch neue Gesichtspunkte zu bringen. Verschiedene Härtungstheorien werden erwähnt und die Vorteile des elektrischen Ofens gegenüber dem muffellosen brennstoffgefeuerten Ofen durch folgende Punkte gekennzeichnet: 1. Strah-

Zahlentafel 2.
Eindringtiefe in Abhängigkeit von Einsatztemperatur und -dauer.

Einsatzdauer h	Eindringtiefe bei einer Temperatur von 850 °C mm	900 °C mm	1000 °C mm
1/2	0,20	0,30	0,76
1	0,46	0,66	1,14
2	0,89	1,22	1,52
3	1,14	1,40	1,90
4	1,32	1,55	2,33
6	1,42	1,90	2,80
8	1,57	2,10	3,30

lende Wärme, 2. gute Wärmeverteilung, 3. selbsttätige Temperaturregelung bei Bedarf, 4. praktisch nicht oxydierende Atmosphäre, wenn erforderlich, 5. geringe Wärmeverluste, 6. keine Verbrennungsgase, 7. Wärmezufuhr und -verbrauch genau abstimmbar, 8. gleichmäßige und vollständige Durchwärmung des Einsatzes ohne Überhitzung von Oberfläche und Kanten, 9. leichtes Wiederholen bestimmter Erhitzungskurven und dadurch gleichförmiges Erzeugnis, 10. Arbeitsersparnis, 11. Verringerung der Gesamtkosten oder Steigerung der Güte bei gleichen Kosten.

Allgemein bekannte Angaben über Einsatzhärtung werden aufgeführt. Als normale Einsatztemperatur wird 850 °C genannt.

Die Werte der Zahlentafel 2 sind an Proben eines Stahles von 15,85 mm Dmr. mit 0,15 vH Kohlenstoff ermittelt worden. Der Kohlenstoffgehalt der Oberfläche betrug 0,85 bis 0,90 vH. Nähere Angaben über die Art des Zementationsmittels fehlen. Hohe Zementationstemperatur und lange Dauer bewirken Sprödigkeit einerseits infolge der Überhitzung, anderseits infolge der Zunahme der harten Außenzone im Verhältnis zum weichen Kern. Vorstehendes zeigt wieder, daß auch für den Einsatzvorgang genaue Temperaturregelung und -verteilung ausschlaggebend für gute Ergebnisse sind. Die Gleichmäßigkeit der Erzeugnisse verlangt, daß jeder Teil des Einsatzwerkstoffes so genau wie möglich die gleiche Wärmekurve durchläuft, gleichgültig, ob das Stück am Rand oder in der Mitte des Einsatzbehälters gelagert ist. Der elektrische Ofen mit selbsttätiger Temperaturregelung ist imstande, jeden Teil des Einsatzes auf gleiche Temperatur zu bringen, wenn der Temperaturregler von einem Thermoelement, das mit dem Einsatz in unmittelbarer Berührung steht, gesteuert wird. Es ist möglich, Öfen zu bauen, die praktisch in allen Zementierbehältern die gleiche Temperatur aufweisen, auch dann, wenn die Temperaturregelung nur von dem Thermoelement eines einzigen Behälters beeinflußt wird, d. h. im ganzen Ofenraum herrscht gleichmäßige Temperatur.

Für Anlaßzwecke ist ein elektrisch beheizter Öl- oder Luftanlaßofen sehr brauchbar. Das Anlassen soll unmittelbar nach dem Härten erfolgen, noch bevor das Werkstück seine Wärme vom Härtevorgang vollständig verloren hat. Als Anlaßtemperaturen werden empfohlen:

205 °C	Schneidstähle, Döpper usw.
250 °C	Steinbohrer und Steinbearbeitungswerkzeuge
275 °C	Sägen, Äxte, chirurgische und zahnärztliche Instrumente
300 °C	als höchste übliche Anlaßtemperatur für Holzsägen, Federn usw.

Die Werkstücke können nach dem Anlassen rasch oder langsam abgekühlt werden, was ohne Einfluß auf das Ergebnis ist.

Die Untersuchungen ergaben, daß die Entkohlung und Zunderbildung im elektrischen Ofen gering ist. Die Versuchstücke hatten einen Durchmesser von 19,07 mm und eine Länge von 50,8 mm. Der anfängliche Kohlenstoffgehalt betrug 1,10 vH. Nach dem Erhitzen wurde zum Härten abgeschreckt. Die sich aus den Versuchen ergebenden Kurven zeigen, daß die erreichte größte Härte beim elektrischen Ofen, selbst bei langem Verbleiben des Stahles im Ofen ziemlich gleich bleibt, während im gasgefeuerten Ofen die größte Härte infolge Oberflächenentkohlung mit steigender Erhitzungszeit stark abfällt. Die größte Härte wird bei einer Temperatur von 775 °C erreicht; bei steigender Temperatur fällt die Härte wahrscheinlich infolge vermehrter Austenitbildung wieder ab. Unter dem Mikroskop war nur bei der Härtetemperatur von 850 °C eine merkliche Entkohlung festzustellen. [N 564]

Aachen. **W ü s t e r.**

Eisenbahnwesen.

Umgrenzungsprofile ausländischer Eisenbahnen[1]).

Japan.

In Japan ist das Maß der Umgrenzung des lichten Raumes der Staatsbahn am 14. Oktober 1921 neu festgesetzt worden. Demgemäß soll der Entwurf der neuen Bauten und Verbesserungen nach Abb. 6 vorgenommen werden. Die zurzeit bestehenden Anlagen, mit denen die neuen Umgrenzungen im Widerspruch stehen, werden allmählich dementsprechend verbessert werden. Infolge dieser Umstände muß auch die B e g r e n z u n g d e r F a h r z e u g e nach Abb. 7 vergrößert werden. Da aber wegen der gegenwärtig geltenden Anlageverhältnisse die Fahrzeuge nicht plötzlich den neuen Abmessungen angepaßt werden können, so muß in dieser Übergangszeit jene Verbesserung mit der Umgestaltung der Bahnanlage Hand in Hand vorwärtsgehen. Die gegenwärtig auf der Hauptbahn verkehrenden Personenwagen größter Abmessung werden in Abb. 8 gezeigt.

M. N a w a, Tokio.

Abb. 6. Neue Umgrenzung des lichten Raumes bei der japanischen Staatsbahn.

Spanien.

Abb. 9 und 10 zeigen die Lichtraumprofile spanischer Bahnen, und zwar Abb. 9 das Profil der Bahn Madrid–Zaragoza und Abb. 10 das Profil der spanischen Nordbahn. [D 855]

Ist alkalische Reaktion des Kesselwassers für das Kesselblech schädlich?

In Ergänzung zu dem in Z. Bd. 69 (1925) S. 1284 veröffentlichten Zuschriftenwechsel zur obigen Frage hat uns Dr.-Ing. W. N o v e r, Bremen, nach Erscheinen des Zuschriftenwechsels mitgeteilt, daß seine Erwiderung auf die von Dr. S p l i t t g e r b e r erwähnte Arbeit von Dr. B a m b e r g inzwischen in der Zeitschrift „Das Gas- und Wasserfach" vom 22. August 1925 S. 534 abgedruckt worden ist. [N 1038]

[1]) Als Ergänzung zu den Ausführungen in Z. Bd. 69 (1925) Nr. 21 S. 733.

Abb. 7. Neue Begrenzung der Fahrzeuge auf der japanischen Staatsbahn.

Abb. 8. Bisherige Begrenzung der Fahrzeuge auf der japanischen Staatsbahn.

Abb. 9. Durchgangprofil der Madrid-Zaragoza-Bahn.

Abb. 10. Durchgangprofil der spanischen Nordbahn.

Kleine Mitteilungen.

Saugpumpe ohne mechanischen Antrieb.

Ein neuartiges, von Bertram Joy, London, erfundenes und von der Firma Scammell, London, hergestelltes Gerät benutzt Wärmeenergie von Leuchtgas unmittelbar, d. h. also ohne Zuhilfenahme von Kolben oder Kreiselrädern, um Luft anzusaugen. In einem Vakuumzylinder explodiert ein Leuchtgas-Luft-Gemisch, der Überdruck (1 at) gleicht sich durch ein federbelastetes Ventil aus, und gleichzeitig wird der Zylinder durch Wasser so gekühlt, daß Unterdruck entsteht. Dieser bewirkt neues Ansaugen des Gemisches. 80 bis 90 Explosionen können in jeder Minute stattfinden. Das Gerät, das sich im Betriebe bereits bewährt hat, liefert gleichzeitig Warmwasser. („The Engineer" 30. Oktober 1925 S. 462*). [N 1090 a] G.

Neuer englischer Motoromnibus.

Einen bemerkenswerten Motoromnibus mit tiefliegendem Rahmen und einem Wagenkasten mit Deckaufbauten für 60 Sitzplätze hatte in der Olympia-Ausstellung die Bristol Tramways and Carriage Co. vorgeführt. Das betriebfertige Untergestell wiegt 3048 kg und hat rd. 4,88 m Achsstand, während die größte Breite hinten mit doppelten Luftreifen 2145 mm beträgt. Die aus 4,76 mm dickem Nickelstahlblech gepreßten Rahmenträger, die 76,2 mm breit und 254 mm hoch sind, laufen von vorn bis in die Nähe der Hinterachse wagerecht in 635 mm Höhe über der Fahrbahn durch, sind dann über der Hinterachse bis auf rd. 914 mm Höhe aufgebogen und hinter der Achse auf 533 mm Höhe heruntergezogen. Die Querversteifungen des Rahmens werden zum Teil durch Rohre gebildet. Die Rahmenbreite beträgt rd. 1010 mm, vorn an der Maschine 813 mm. Die Maschine von 50 PS hat vier Zylinder von 121 mm Dmr. und 152,4 mm Hub und ist im Rahmen etwas geneigt eingebaut, so daß die an der Unterseite der Hinterachse gelagerte Schnecke über Einscheibenkupplung, Wechselgetriebe und Treibwelle von 76,2 mm Dmr. in möglichst geradem Zug erreicht wird. („The Engineer" 30. Oktober 1925 S. 457/60*). [N 1090 b] H.

Kabelleitungen für ländliche Bezirke.

In stark bewaldeten Gegenden macht die Anlage von Freileitungen zur Übertragung elektrischer Energie an ländliche Verbraucher auf weite Entfernungen häufig große Schwierigkeiten. Man hat deshalb in den Vereinigten Staaten von Amerika, in denen die Gutshöfe seit einigen Jahren großzügig mit Überlandstrom versorgt werden, in verschiedenen Gegenden zur Energieübertragung unterirdische Kabel angelegt, die sich billiger als entsprechende Freileitungen stellen. Das Kabel wird in einem rd. 45 cm tiefen Graben neben der Landstraße verlegt, den man mit gewöhnlichen Ackerpflügen zieht und unter Verwendung von Straßenebenern mit Bespannung wieder schließt. Bei Übertragung von Einphasen-Wechselstrom benutzt man den Kabelmantel als Rückleitung, bei Drehstrom werden drei Einfachkabel mit etwas Abstand voneinander verlegt.

An den einzelnen Verbrauchstellen wird das Kabel aus der Erde heraus über einen rd. 7,5 m hohen Mast im Bogen geführt. Auf dem Mast ist ein Transformator angebracht, von dem aus eine Freileitung zu dem zu versorgenden Gehöft führt. Man hofft, in Kürze die Transformatoren ebenfalls unterirdisch aufstellen zu können, so daß man dann auch die Verteilleitungen unter der Erde verlegen kann. („Electrical World" 17. Oktober 1925 S. 790*.) [N 1090 c] Sd.

Mit Kohlenstaub gefeuerte Schmelz- und Glühöfen.

Das Entfallen geschulter Arbeitskräfte, leichtes Überwachen des Brennstoffverbrauches, leichtes Regeln der Temperatur, Verminderung der Unterhaltungskosten und Gewinnung hochwertiger Werkstoffe sind die Gründe für die Anwendung selbsttätiger Öfen mit Kohlenstaubfeuerung anstelle der von Hand gefeuerten. Die in Eisenbahnwagen ankommenden Kohlen werden durch einen Trichter einem Vorbrecher zugeführt, worin sie in walnußgroße Stücke gebrochen werden. Auf einem Förderband, über dem ein Magnet zur Entfernung vorhandener Eisenteile angeordnet ist, gelangen die Kohlen in eine Trockentrommel. Nach genügendem Trocknen durch Innenheizung werden die Kohlen einem Behälter zugeführt, aus dem sie in die Kohlenstaubmühle gefördert werden. Durch ein Gebläse wird der Kohlenstaub in einen Behälter abgesaugt. Rohrleitungen führen den Kohlenstaub den Schmelz- oder Glühöfen zu. Die Rohre sind mit unter hohem Druck stehenden Luftzuleitungen verbunden, wodurch eine vollkommene Verbrennung des Kohlenstaubes im Ofen erreicht wird. In der Anlage sind besondere Vorrichtungen eingebaut, damit Kohlenstaubexplosionen verhindert werden. („The Foundry" 15. Oktober 1925 S. 824*.) [N 1090 d] Gw.

Selbsttätige Regelung gasgefeuerter Öfen.

Von der Selas Gas and Engineering Co., Ltd., Manchester, ist eine selbsttätige Vorrichtung zum Regeln des Gemisches gasgefeuerter Glüh- und Schmelzöfen hergestellt worden. Die Vorrichtung arbeitet mit einer Genauigkeit von 1 vH. Das Gas und die unter Druck ankommende Luft strömen durch je ein Venturirohr, die durch Rohrleitungen mit einem Relais, bestehend aus zwei mit Membranen versehenen Kammern, verbunden sind. Infolge der in den Kammern hervorgerufenen verschiedenen Drücke wird die Luftzufuhr geregelt. Durch ein in die Luftleitung eingebautes selbsttätiges Drosselventil kann die Luftzufuhr abgesperrt werden. Die für die Öfen nötige Zusatzluft wird in der üblichen Weise vorgewärmt und zugeführt. („Engineering" 30. Oktober 1925 S. 555*.) [N 1090 e] Gw.

Ungewöhnlich große Magnet-Aufspannfutter.

Kürzlich sind in England zwei besonders große Magnetaufspannfutter fertiggestellt worden, die auf Flächenschleifmaschinen mit senkrechter Welle benutzt werden sollen. Die runden Aufspannplatten haben rd. 1,6 m Dmr. und wiegen je rd. 2000 kg. Im Betriebe braucht jedes Futter etwa 1000 W. Zur Kühlung werden rd. 450 l/min Wasser über das Futter gepumpt, so daß an die Isolation sehr hohe Anforderungen gestellt werden. („American Machinist" 31. Oktober 1925 S. 110 E*.) [1090 f] Hä.

Räumnadel-Ziehmaschine mit Druckölantrieb.

Die neue Räumnadel-Ziehmaschine der J. N. Lapointe Co., New London (Conn.), wird nicht durch das übliche Rädervorgelege, sondern durch Drucköl angetrieben. Die Räumnadel ist mit einem Kolben verbunden, der seinen Arbeitsdruck dadurch erhält, daß Öl von einer Seite des ihn umschließenden Zylinders auf die andre Seite gepumpt wird. Der Öldruck beträgt gewöhnlich rd. 60 at, entsprechend 20 000 kg an der Räumnadel. Während der Arbeit steigt und sinkt der Ölstand in einem offenen Zulaufbehälter regelmäßig im Arbeitstakt und kann durch ein Schauglas beobachtet werden. Treten besonders große Widerstände bei der Arbeit etwa durch Stumpfwerden der Räumnadel auf, so daß ein erhöhter Arbeitsdruck erforderlich ist, so wird dies dem Arbeiter sofort durch die Veränderungen des Ölstandes angezeigt. Die Pumpe arbeitet mit gleichbleibender Umlaufzahl und veränderlichem Hub. Die Arbeitsgeschwindigkeit ist einstellbar von 0 bis 12 m/s, die normale Rücklaufgeschwindigkeit beträgt 30 m/s, kann aber auch verändert werden. Der größte Arbeitshub beträgt 1600 mm. („American Machinist" 31. Oktober 1925, S. 521*.) [N 1090 g] Hä.

Große Druckwasser-Flanschpresse.

Die Firma Fielding & Platt Ltd., Gloucester, hat kürzlich für eine Lokomotivwerkstätte der südaustralischen Bahnen eine Flanschpresse mit ungewöhnlich großen Abmessungen gebaut. Je nach Art und Größe des Flansches beträgt der Preßdruck 340, 660 oder 1000 t. Der Tisch ist 3,18 m breit. Zur Aufnahme der Gesenke steht eine freie Fläche innerhalb der Säulen von 3,6 m × 3,18 m zur Verfügung. Der größte Abstand zwischen dem Gesenktisch, der durch Druckwasser bewegt wird, und der Unterkante des Joches beträgt 2,1 m. Tischplatte und Preßzylinder bestehen aus Stahlguß. Ein Bild von der Größe dieser Presse gibt auch die Gesamthöhe bis Oberkante Tragsäule mit 8,05 m, von denen annähernd 6 m unter Flur liegen. („The Engineer" 30. Oktober 1925, S. 468/69*.) [N 1090 h] Kd. M.

Anfressungen von Kondensatorrohren.

G. D. Bengough berichtet in einer Abhandlung des Institute of Metals zusammenfassend über die letzten Erfahrungen in bezug auf die Anfressungen und den Schutz von Kondensatorrohren. Er unterscheidet innere Ursachen (z. B. Fehler beim Ziehen der Rohre, ungeeignete Zusammensetzung, ungeeigneter kristallinischer Aufbau und technologische Fehler) und äußere Ursachen (z. B. Wasserströmung, Verunreinigungen des Wassers, mechanische Verletzung der Rohre, zu hohe Temperatur des Wassers). Den Schutz gegen den Angriff will Bengough erreichen durch Vorbehandlung des Wassers (sehr schwierig durchzuführen) oder Bildung von Schutzüberzügen, z. B. Zinn- oder Bleiüberzügen auf der Innenfläche der Rohre. Besonders gut hat sich ein Anstrich von Leinöl auf der verzinnten Fläche bewährt. Die deutschen Erfahrungen laufen in gleicher Richtung. („Power" 20. Oktober 1925 S. 584/85.) [1090 i] Wf.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Hochdruckdampf. Von O. H. Hartmann, Kassel-Wilhelmshöhe. Berlin 1925, VDI-Verlag. 183 S. m. 61 Abb. Preis geb. 5 ℳ; für V. d. I.-Mitglieder 4,50 ℳ.

Es ist sehr zu begrüßen, daß der bekannte erste Mitarbeiter des verdienstvollen und tatkräftigen Förderers der Einführung des Hochdruckdampfes, des verstorbenen Baurats Dr.-Ing. eh. Wilh. Schmidt, sich der Mühe unterzogen hat, eine Übersicht über den neuzeitigen Stand der Anwendung des Hochdruckdampfes zu geben. Von der geschichtlichen Entwicklung ausgehend, behandelt der Verfasser zunächst die Vorteile des Hochdruckdampfes und der Zwischenüberhitzung an der Hand von Versuchen, geht dann über zu den verschiedenen Bauarten der Hochdruckkessel und ihrer Überhitzer unter klarer Hervorhebung der grundlegenden Gesichtspunkte und besonderer Würdigung der zu stellenden Bedingungen, um sich anschließend den Dampfkraftmaschinen zuzuwenden. Ferner wird der Einfluß der Drucksteigerung auf die Kupplung der Kraft- und Wärmewirtschaft und die Anwendung des Hochdruckdampfes in den verschiedenen Industriegruppen einschließlich der fahrenden Kraftanlagen dargelegt.

Es ist naturgemäß nicht möglich und auch nicht beabsichtigt, auf so knappem Raum eine umfassende Darstellung des ganzen Gebietes zu geben. Die für ein VDI-Taschenbuch erforderliche Übersicht ist dadurch erzielt, daß immer nur die wesentlichen Gesichtspunkte herausgegriffen werden und auf theoretische Ableitungen verzichtet ist. Dem Verfasser ist es gelungen, ein klares Bild zu geben, wenn auch auf einem in so starker Entwicklung befindlichen und umstrittenen Gebiete Meinungsverschiedenheiten unvermeidlich sind. Man wird es auch keineswegs als Nachteil des Buches bewerten dürfen, daß der Verfasser in erster Linie seine eigenen Arbeiten und Erfahrungen behandelt hat, zudem er bemüht war, auch die Leistungen anderer gebührend zu berücksichtigen und ein lückenloses Bild zu liefern.

Das Buch wird nicht bloß dem Studierenden, sondern auch dem in der Praxis tätigen Ingenieur, gleichgültig, ob er in der herstellenden Industrie tätig ist oder wärme- und kraftverbrauchenden Betrieben vorsteht, willkommen sein.

[E 943] Pfleiderer.

Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei. Herausg. von Dr.-Ing. Geiger. 1. Bd.: Grundlagen. 2. erw. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 661 S. m. 278 Abb. und 11 Taf. Preis geb. 49,50 ℳ.

Der Inhalt der vorliegenden 2. Auflage des I. Bandes des Handbuches ist ein weiterer Beweis für die bedeutsamen Fortschritte auf dem Gebiete des Gießereiwesens. Die nach dem Erscheinen der 1. Auflage geäußerten Wünsche und Anregungen sind in der neuen Auflage nicht nur erfüllt, sondern weit überholt worden, so daß die Verzögerung des Neudruckes dadurch weniger unangenehm empfunden wird.

Die früheren Abschnitte wurden umgestellt und wesentlich ergänzt, einige neue sind hinzugekommen, so daß von einem neuen Werke gesprochen werden kann. Die Überprüfung des Inhaltes ergibt, daß fast alle Fragen, die die gießbaren Metalle und ihre Eigenschaften betreffen, gründlich behandelt wurden.

In der Einleitung berichtet zunächst Dr. Geiger über die Begriffe „Eisen und Stahl" und gibt am Schlusse die Begriffserklärungen des Normenausschusses der Deutschen Industrie über Gußeisen, Temperguß und Stahlguß. Anschließend folgt die Geschichte der Eisen- und Stahlgießerei von Dr. Beck, die Dr. Geiger in einem Nachtrag zeitgemäß ergänzt. Im Abschnitt III folgen wirtschaftstatistische Zahlentafeln über Eisen- und Stahlgießereien von Cremer.

Der Abschnitt IV bringt die metallurgische Chemie des Eisens und die Metallographie, behandelt von Prof. Dr. Bauer. Über das reine Eisen und die Legierungen des Eisens wird sehr eingehend berichtet, ein ausführlicher Schriftennachweis ergänzt den wertvollen Abschnitt. Das Roheisen in bezug auf Herstellung, Einteilung, Bewertung sowie Liefervorschriften hat Dr. Geiger im Abschnitt V bearbeitet. Diesem sind die bekannten Zahlentafeln mit den Analysen in- und ausländischer Roheisensorten eingefügt. Dr. Durrer gibt dann einen Überblick über die Eisenlegierungen und Zusatzmetalle für den Schmelzbetrieb, wobei die EK-Formlinge von Eßlingen Erwähnung finden. Der Schriftennachweis bildet auch hier eine wertvolle Ergänzung. Von Gußbrucheisen und Schrott von Oberbergrat Hornung handelt der nächste Abschnitt, der von Direktor Waldmann mit einem bemerkenswerten Bericht über die Brikettierung der Eisen- und Stahlspäne ergänzt wird.

Recht ausführlich hat Ing. Irresberger das Gußeisen im allgemeinen und die Eisenmischungen bearbeitet. Auch der Entwurf des Normenblattes DIN 1501 über Gußeisenklassen hat Verwertung gefunden. Der nächste Abschnitt X „Flußstahl" von Dr. Philips bringt bemerkenswerte Einzelheiten, leider hat das Normenblatt „Stahlguß" DIN 1681, das hierher gehört, noch keine Aufnahme finden können.

Von Dr. Stotz ist der Abschnitt „Temperguß" verfaßt, wobei auch der amerikanische schwarze Temperguß nicht vergessen wurde. Es folgt der ebenfalls wichtige Abschnitt über die „Eigenschaften des gießbaren Eisens und ihre Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung" von Prof. Hellenthal.

Der Abschnitt XIII „Festigkeitseigenschaften und Prüfung des gießbaren Eisens", der auch Lieferungsvorschriften enthält, ist von Ing. Fiek bearbeitet, Abschnitt XIV über „Verbrennung", mit Anhang „Die Theorie des Schachtofenbetriebes" von Ing. Buzek. Recht eingehend werden von Dr. Geiger im Abschnitt XV die festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffe behandelt, dem sich Dr. Daeves mit der „Temperaturmessung im Gießereibetrieb" anschließt.

Der Abschnitt über feuerfeste Baustoffe von Ing. Wernicke, auf Grundlage der Arbeit von Prof. Schott ergänzt, könnte in Zukunft noch weitergehend bearbeitet werden; es wäre auch zu begrüßen, wenn die Bestrebungen des Schamotteausschusses im NDI Aufnahme fänden.

Den „Formstoffen und Hilfsmitteln in der Gießerei" hat Ing. Irresberger die verdiente Beachtung geschenkt. Auch hier ist, wenn der Umfang des Werkes es gestatten würde, eine weitere Ergänzung erwünscht.

Der Abschnitt XX „Chemische Untersuchungen der Rohstoffe und Fertigerzeugnisse", von Dr. Philips und Dr. Stadeler bearbeitet, bildet eine kurzgefaßte Ergänzung der vorhergehenden Abschnitte über die Untersuchung der Roh- und Hilfstoffe. Ein kurzgefaßtes Sachverzeichnis, sowie 11 Tafeln mit vorzüglichen Gefügebildern schließen den Band. Alles in allem kann nur wiederholt werden, daß das im ersten Bande Gebotene eine wertvolle Arbeit darstellt, nicht nur der Fachmann wird daraus reichen Nutzen ziehen. Es darf wohl der Wunsch ausgesprochen werden, daß der zweite Band in neuer Auflage auch bald erscheine, und daß dann der dritte, langersehnte, in absehbarer Zeit in der gleichen hervorragenden Ausstattung folgen möge.

[E 958] Mehrtens.

DIN-Normblattverzeichnis. Stand der Normung Herbst 1925. Berlin 1925, Beuth-Verlag. XXX und 105 S. Preis 1 ℳ.

Das Büchlein gibt in seinem ersten Teil in knapper und doch erschöpfender Form einen Überblick über den Stand der Normung im Herbst 1925. In dem den Hauptteil bildenden Sachverzeichnis sind die einzelnen Normblätter des NDI und der Fachnormausschüsse, darunter auch die noch im Entwurf befindlichen, übersichtlich nach Fachgruppen geordnet. Aus dem Inhalt seien in erster Linie erwähnt die technischen Grundnormen sowie die Normen für Maschinenteile und für Rohrleitungen, des weiteren die Normen für Werkzeuge, Bauwesen, Elektrotechnik, Kraftfahrzeuge und Lokomotiven. Ein erschöpfendes Stichwortverzeichnis ermöglicht ein schnelles Auffinden des gesuchten Normblattes. Dieses wichtige Verzeichnis darf in keinem neuzeitlichen Betriebe fehlen. Auf den bei der guten drucktechnischen Ausstattung niedrigen Preis sei besonders hingewiesen. [E 1021] Sd.

Vierte technische Tagung des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereines Halle a. S. April 1925. Halle 1925, Wilhelm Knapp. S. 229—344. Abb. 90—145. Preis 5,50 ℳ.

Vortragsfolge:

1. Eröffnungsansprache des Vorsitzenden des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins, Generaldirektors Dr.-Ing. eh. Piatscheck, Halle a. S.
2. „Explosionsversuche mit Braunkohlenstaub", von Dr. Steinbrecher, Staatliches Braunkohlenforschungsinstitut der Bergakademie Freiberg.
3. „Die thermodynamischen und wirtschaftlichen Grundlagen der Kohlenstaubfeuerung", von Dr.-Ing. Rosin, Sächsisches Oberhüttenamt, Dresden.
4. „Bauart und Wirtschaftlichkeit der ersten Abraumförderbrücke", von Bergwerksdirektor v. Delius, Plessa.
5. „Der neue Theodolit der Zeißwerke und Erfahrungen in der Anwendung der Photogrammetrie in Braunkohlentagebauen", von Dr. v. Gruber, Jena.
6. „Die Grundzüge der wissenschaftlichen Betriebsführung", von Dr.-Ing. W. Pothmann, Halle a. S.
7. „Anwendung der wissenschaftlichen Betriebsführung auf den Braunkohlenbergbau", von Prof. Kegel, Sächsische Bergakademie, Freiberg.
8. „Neuzeitliche Facharbeiterausbildung in Werkstatt und Schule", von Dr. Harm, Deutscher Ausschuß für technisches Schulwesen, Berlin.

Die moderne Stanzerei. Von Eugen Kaczmarek. 2. verm. u. verb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 154 S. m. 116 Abb. Preis geh. 7,20 M, geb. 8,10 M.
Bestimmung der Durchmesser für unbekleidete Rohrleitungen der Niederdruckdampf-, Abdampf- und Vakuumdampf-Heizungen. Von Johannes Kelling. 3. gänzl. umgearb. erw. Aufl. Halle a. d. Saale 1925, Carl Marhold. 94 S. m. 15 Abb. u. 38 Tab. Preis 3,75 M.
Elektrizität in industriellen Betrieben. Bd. III: **Elektrische Lichtbogenschweißung.** Von Karl Meller. Leipzig 1925, S. Hirzel. 210 S. m. 225 Abb. Preis geh. 16 M, geb. 18 M.
Mathematisch-graphische Untersuchungen über die Rentabilitätsverhältnisse des Fabrikbetriebes. Von Reinhard Hildebrandt. Berlin 1925, Julius Springer. 79 S. m. 31 Abb. Preis geh. 5,10 M, geb. 6,60 M.
Handbuch der Mineralchemie. Bd. IV, Abt. 3. Hrsg. von C. Doelter und H. Leitmeier. Dresden und Leipzig 1925, Theodor Steinkopff. S. 321—480. Abb. 28—42. Preis geh. 8 M.
Niederschrift der Verhandlungen der außerordentlichen Mitgliederversammlung des Zentral-Verbandes der Preußischen Dampfkessel-Überwachungsvereine E. V. am 23. Mai 1925. Wernigerode 1925, Selbstverlag des Zentralverbandes. 33 S. Preis 2,50 M.
Probleme der Kosmischen Physik. Bd. VI: **Gezeitenprobleme des Meeres in Landnähe.** Von Albert Defant. Hamburg 1925, Henri Grand. 80 S. m. 17 Abb. Preis 5 M.
Tabellenbuch für Schnellrechner. Zeit umgewertet in Geld. Von Alfred Grundke. Elbing (Ostpr.) 1925, Alfred Grundke. 30 S. Preis 1,25 M.
Aus der Technik des Rundfunks. Von F. Ambrosius. Leipzig 1925, Hachmeister & Thal. 88 S. m. 88 Abb. Preis 3 M.
Die Empfangstechnik mit besonderer Berücksichtigung des Rundfunkempfangs. Von Erich Schwandt. Leipzig 1925, Hachmeister & Thal. 96 S. m. 182 Abb. Preis 4 M.
Der Radio-Amateur (Radio-Telephonie). Von Eugen Nesper. 6. bed. verm. u. verb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 858 S. m. 955 Abb. Preis 27 M.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Dauerfestigkeit von Eisen und Stahl bei wechselnder Biegung, verglichen mit den Ergebnissen des Zugversuches.

In der Z. Bd. 67 (1923) S. 631 bespricht Prof. Dr.-Ing. Stribeck die Ergebnisse der vielen Versuche, die darauf hinzielen, eine Abhängigkeit zwischen Dauerfestigkeit, Streckgrenze und Zugfestigkeit zu finden. Dazu möchte ich folgendes bemerken:

Der Gedanke, daß für Stähle von der gleichen Dauerfestigkeit der Einfluß der Zähigkeit durch die Punkte der Dauerfestigkeitskurve, die viel höher als die Dauerfestigkeitsgrenze liegen, dargestellt werden kann, ist gut.

In Zahlentafel 1 sind die Versuchsergebnisse an sechs Stählen zusammengestellt; die ersten beiden Stähle sind von verschiedener Zusammensetzung, Nr. 3 und 4 sind von der gleichen Zusammensetzung, aber von ungleicher Behandlung, desgl. Nr. 5 und 6. Vergleicht man Stähle von gleicher Festigkeit, so sieht man, daß bei derselben Beanspruchung eine größere Zähigkeit, charakterisiert durch eine größere Einschnürung und Bruchdehnung, mit einer größeren Zahl der Belastungswiederholung verbunden ist. Z. B. Stahl Nr. 4, der eine Bruchdehnung von 25,3 vH und eine Einschnürung von 48,7 vH hat, brach nach 2 349 000 Umdrehungen bei 34.02 kg/mm²; Stahl Nr. 3 brach bei der gleichen Spannung nach 989 000 Umdrehungen; die Bruchdehnung von diesem Material betrug nur 20,7 vH und die Einschnürung 42,2 vH.

Zahlentafel 1 zeigt aber keine Übereinstimmung der Versuchsergebnisse mit der Formel, die Dr. Stribeck vorgeschlagen hat, nämlich

$$\sigma_D = k\,\frac{\sigma_s + \sigma_z}{2},$$

weil die Größe von k, aus Zahlentafel 1 umgerechnet, sehr veränderlich ist, was aus Zahlentafel 2 zu ersehen ist.

Die Abweichungen sind so groß, das die Formel nicht als richtig angesehen werden darf. Meiner Meinung nach kann die Abhängigkeit zwischen Dauerfestigkeit, Streckgrenze und Zugfestigkeit durch zwei Größen: die innere Spannung und die Struktur des Metalls, dargestellt werden.

Zahlentafel 2.

Werkstoff	k
1. Nickelstahl	0,66
2. „	0,73
3. Stahl mit 3½ vH Nickel	0,51
4. „ „ „ „	0,60
5. „ „ 0,37 vH Kohlenstoff	0,57
6. „ „ „ „	0,54

Die innere Spannung hängt von dem Verhältnis der Streckgrenze zur Elastizitätsgrenze ab, die Struktur des Metalls von der Behandlung des Materials. Bezeichnen wir die innere Spannung mit k_1, die Struktur des Materials mit k_2, so lautet die Gleichung

$$\sigma_D = k_1\,k_2\,\sigma_z.$$

Diese Gleichung scheint mit den Ergebnissen von meinen Versuchen, die zur Veröffentlichung in Vorbereitung sind, gut übereinzustimmen[1]).

John M. Lessels,
Research Laboratory of Westinghouse
Electric & Manufacturing Co.
East Pittsburgh, Pa. U. S. A.

Erwiderung.

Meiner Entgegnung liegt der Bericht zugrunde, auf den am Schluß der Zuschrift hingewiesen ist[2]). Diese zerfällt in drei Teile. Im ersten Teil pflichtet Lessels dem von mir aufgestellten Leitsatz bei, daß sich die Zähigkeit erst nach Überschreiten der Dauerfestigkeit auswirken könne, und zwar um so mehr, je weiter man sich von der natürlichen Elastizitätsgrenze entfernt, je größeren Anteil die plastischen Verschiebungen am Wechselspiel der Dehnung haben[3]). Im zweiten Teil behauptet Lessels, daß meine Regel für die Dauerfestigkeit mit seinen Versuchsergebnissen nicht im Einklang und deshalb unrichtig sei, und im dritten Teil gibt er seine Regel an. Ich nehme nur zu den Bemerkungen über die beiden Regeln Stellung.

Lessels wendet sich mit seiner Schrift an den Maschineningenieur, insbesondere den Konstrukteur. Ihm ist die Angabe, daß die Dauerfestigkeit von Stahl bei wechselnder Biegung ungefähr gleich der Hälfte der Zugfestigkeit sei, zu roh, und er hat nun nach einer Beziehung zu weiteren Größen des Zugversuches gesucht. Es ist im allgemeinen der gleiche Gedankengang, dem auch ich folgte. Wie in meiner Abhandlung näher ausgeführt, ist der vergütete Stahl dem perlitischen an Dauerfestigkeit weit mehr überlegen, als dem Verhältnis der Zugfestigkeiten entsprechen würde. Diese aus den Versuchen von Moore und Kommers geschöpfte Erkenntnis entspricht aber durchaus der Ansicht, die ich mir aus reichen praktischen Erfahrungen gebildet hatte und die mich weiterhin zu der Annahme führte, daß die Streckgrenze von Einfluß auf die zulässige Dauerbeanspruchung

[1]) Die Versuchsergebnisse sind inzwischen veröffentlicht und von Prof. Stribeck in seiner Entgegnung berücksichtigt worden.
[2]) The Institution of Mechanical Engineers. (Intended to be read Friday, 5th December 1924.) The elastic limit in tension, and its influence on the breakdown by fatigue. By J. M. Lessels.
[3]) Z. Bd. 67 (1923) S. 636.

Zahlentafel 1.

Werkstoff	Elast.-Grenze kg/mm²	Streckgrenze kg/mm²	Zugfestigkeit kg/mm²	Bruchdehnung vH	Einschnürung vH	Dauerfestigkeit kg/mm²	Beanspruchung kg/mm²	Umdrehungen
Nickel-Stahl, Nr. 1	21,7	30,45	52,15	33,8	74,5	27,3	35,28 32,725	261 300 398 700
Nickel-Stahl, Nr. 2	19,6	25,725	49,28	32,2	69,3	27,3	35,28 32,725	13 900 271 300
Stahl mit 3½ vH Nickel, Nr. 3	32,9	41,65	73,78	20,7	42,2	29,4	34,02 37,8	989 000 25 500
„ „ 3½ „ Nickel, Nr. 4	36,925	39,375	66,15	25,3	48,7	31,5	34,02 37,8	2 349 000 249 000
„ „ 0,37 „ Kohlenstoff, Nr. 5	44,66	48,622	73,71	21,8	56	35,0	42,0 36,4	150 300 3 781 000
„ „ 0,37 „ Kohlenstoff, Nr. 6	45,92	45,22	79,8	17,7	49	35,7	42,0 36,4	84 700 980 000

sei, weil eben durch das Vergüten die Streckgrenze verhältnismäßig mehr erhöht wird, als die Zugfestigkeit. Meine Regel faßt die Versuchzahlen von Moore und Kommers zusammen. Daß sie gut paßt, lehrt ein Blick auf Zahlentafel 2 meines Berichts[1]). Wenn Lessels für vergleichbare Stähle zu stark abweichenden Dauerfestigkeiten gelangt sein sollte, so stehen seine Angaben eben im Widerspruch zu denen von Moore und Kommers. Um ihn klar zu stellen, wären die beiden Arbeiten nach den Gesichtspunkten zu vergleichen, die ich in Z. Bd. 68 (1924) S. 767 aufgestellt habe. Leider ist Lessels Schrift hierzu nicht ausführlich genug; aber schon die wenigen Angaben, die sie darüber enthält, müssen Bedenken auslösen. Lessels kann sich nur auf drei Stähle beziehen, einen Kohlenstoffstahl mit 0,37 vH Kohlenstoff und zwei in der Analyse nur wenig verschiedene Nickelstähle. Die Proben des einen Stahls mit 3,12 vH Nickel sind einem großen Schmiedestück entnommen und können deshalb nicht so gleichmäßig und rein gewesen sein, wie es für grundlegende Versuche erforderlich ist. Davon zeugen auch die Angaben über die Dauerfestigkeit und die natürliche Elastizitätsgrenze, die hiernach um 50 vH größer als die Dauerfestigkeit wäre, während sich sonst stets für Stähle nur geringe Unterschiede zwischen beiden ergeben haben. Wenn sich in der Zuschrift die unter 1 und 2 aufgeführten Angaben auf diese Stähle beziehen, so verdienen sie kein Vertrauen. Auch die Proben des Nickelstahls mit 3½ vH Nickel dürften nicht einwandfrei gewesen sein; denn sie sind einer großen 64 mm dicken Platte entnommen.

L e s s e l s R e g e l. Lessels geht von $\sigma_D = k\,\sigma_Z$ (σ_D = Dauerfestigkeit, σ_Z = Zugfestigkeit) aus und sucht nun diese Regel dadurch zu verfeinern, daß er k in zwei Faktoren k_1 und k_2 zerlegt, wovon k_1 die inneren Spannungen berücksichtigen soll und k_2 das Kleingefüge. Das sind zweifellos Größen, die in einer Theorie der Dauerfestigkeit, bei der die Körper nicht als isotrop, sondern mit ihren wahren Eigenschaften eingeführt würden, berücksichtigt werden müßten. Eine solche kommt aber hier nicht in Betracht. Auch Lessels hat nur nach einer einfachen Konstruktionsregel gesucht mit Anlehnung an den Zugversuch. Wie man aber auf diesem Wege den Einfluß der inneren Spannungen beim Dauerbiegeversuch bewerten kann, ist nicht leicht einzusehen. Geben doch bei der Biegungsbeanspruchung die Eigenschaften der Außenschicht den Ausschlag, bei der Zugbeanspruchung dagegen die Stellen mit den größten inneren Zugspannungen. Aber folgen wir Lessels! Beim Zugversuch hängt die Lage der Elastizitätsgrenze von den inneren Spannungen ab. Sind solche nicht vorhanden oder belanglos, so fällt die Elastizitätsgrenze mit der Streckgrenze zusammen. Er schließt dann weiter, daß auch ihr Einfluß auf die Dauerfestigkeit um so größer ist, je weiter die Elastizitätsgrenze von der Streckgrenze absteht, und führt das Verhältnis von Elastizitätsgrenze zu Streckgrenze als Faktor k_1 neben der Zugfestigkeit in seine Regel ein. Beide sind gleichwertig.

Man muß beanstanden, daß bei spannungsfreien Stählen Elastizitäts- und Streckgrenze zusammenfallen sollen. Bedenklicher ist jedoch die Überleitung vom Zugversuch zum Dauerversuch. Beim Zugversuch wird die u r s p r ü n g l i c h e Elastizitätsgrenze bestimmt, bei der Wechselbeanspruchung auf Dauerfestigkeit stellt sich die n a t ü r l i c h e Elastizitätsgrenze ein, wie Bauschinger in seiner auch von Lessels angezogenen Arbeit über „die Veränderung der Elastizitätsgrenze"[2]) dargelegt hat. Die natürliche Elastizitätsgrenze kann größer als die ursprüngliche sein, häufig ist aber das Umgekehrte der Fall. Beispiele hierfür finden sich in den Arbeiten von Moore und von Lessels. Aus Lessels Auffassung wäre zu folgern, daß in Fällen, in denen die natürliche Elastizitätsgrenze kleiner als die ursprüngliche ist, die inneren Spannungen bei der Wechselbeanspruchung zugenommen haben. Moore und andere Forscher geben aber an, daß Stähle durch Wechselbeanspruchung bis zur Dauerfestigkeit verbessert wurden in dem Sinne, daß sie nach einer großen Anzahl von Spannungswechseln auch noch größere Grenzspannungen dauernd vertrugen. Daraus muß man eher auf eine Abschwächung der inneren Spannungen schließen. Lessels eigene Angaben über die ursprüngliche und die natürliche Elastizitätsgrenze (in der „Endurance Limit, Short Method" überschriebenen Spalte) auf Seite 15 seiner Schrift bestätigen die Ausführungen Bauschingers, wonach ein bestimmtes Verhältnis zwischen ursprünglicher und natürlicher Elastizitätsgrenze allgemein nicht bestehen kann.

[1]) Z. B. 67 (1923) S. 632.

[2]) B a u s c h i n g e r, Mitteilungen aus dem Technischen Laboratorium München, Heft XIII, 1886.

Lessels Regel ist somit aus wissenschaftlichen Erwägungen abzulehnen, gleichgültig, ob die Einbeziehung der ursprünglichen Elastizitätsgrenze mit inneren Spannungen begründet wird oder nicht.

Ich habe es mir hiernach besonders angelegen sein lassen, die Versuche kennen zu lernen, auf die sich die Formel stützt. Da fällt zunächst die überaus schmale Unterlage auf. Es ist nur auf sehr wenige Versuche Bezug genommen, und sie sind zudem hinsichtlich der inneren Spannungen nur schlecht geeignet. Anstatt den Vergleich in erster Linie auf gehärtete und vergütete Stähle, von denen bekannt ist, daß sie mehr und weniger beachtliche innere Spannungen enthalten, zu erstrecken, hat Lessels perlitische, zumeist ausgeglühte gewählt: An eigenen Versuchen nur einen Stahl mit 0,37 vH Kohlenstoff in drei nur ganz wenig verschiedenen Zuständen und sonst noch an Illinois-Versuchen die in Zahlentafel 2 meines Berichtes aufgeführten vier geglühten Kohlenstoffstähle. Das reicht keineswegs aus.

Neben k_1 braucht Lessels einen weiteren veränderlichen Faktor k_2. Er soll das Kleingefüge berücksichtigen und für gleichartige (similar) Gefüge unveränderlich sein. Aus der Schrift geht wohl hervor, daß perlitische Stähle bei verschiedenem Kohlenstoffgehalt als gleichartig gelten sollen. Welche von den anderen Stählen, besonders wenn verschiedene Gefüge nebeneinander auftreten, als gleichartig zusammengehören sollen, ist nicht angegeben. Wendet man Lessels Regel auf die in Zahlentafel 2 meines Berichts als vergütet und im Illinois-Bericht als sorbitisch bezeichneten Kohlenstoffstähle an, deren Gefüge als gleichartig im Sinne Lessels betrachtend, so erhält man für $k_2 = \frac{\sigma}{k_1\,\sigma_Z}$ die in folgender Zusammenstellung enthaltenen Zahlen. Zum Vergleich ist die Verhältniszahl meiner Regel $a = \sigma_D : \frac{1}{2}(\sigma_S + \sigma_Z)$ auch angegeben.

Sorbitische C-Stähle	0,37 C (A)	0,37 C (B)	0,49 C	0,52 C	0,93 C	1,20 C
Lessels k_2	0,60	0,49	0,51	0,52	0,55	0,54
Stribecks a	0,60	0,57	0,57	0,57	0,60	0,60

Lessels Regel versagt also schon bei den sorbitischen Kohlenstoffstählen. Daß k_2 stark veränderlich sein müßte, ergibt sich schon aus den wenigen von Lessels angegebenen Zahlenwerten für σ_D, σ_Z und k_1. Man erhält damit für den 0,37 C-Stahl im perlitischen Zustand $k_2 = 0{,}43$, für den gleichen 0,37 C-Stahl, wenn er von 850 °C in Wasser abgeschreckt und auf die Brinell-Härten 207 und 248 angelassen wurde:

für Härte 207 $k_2 = 0{,}71$ und
„ „ 248 $k_2 = 0{,}81$.

Demnach müßte man beim Gefüge viel Abstufungen machen, was nicht geringe Schwierigkeiten bieten würde. Darüber sagt Lessels aber überhaupt nichts, und seine Schrift enthält auch kein einziges Gefügebild. k_2 ist eben ein Verlegenheitsfaktor.

Hiernach ist Lessels Regel in ihrer Bezugnahme auf das Kleingefüge auch unpraktisch, und nicht anders ist es mit der Elastizitätsgrenze. Man lese, was Bauschinger über die Veränderlichkeit der Elastizitätsgrenze und die Unsicherheit der Messung geschrieben hat. Die Deutsche Werkstoffnorm DIN 1602 enthält unter den Begriffen weder die Elastizitätsgrenze, noch die Proportionalitätsgrenze. Lessels Regel ist nach Aufbau und Begründung unhaltbar. [D 514]

R. S t r i b e c k.

Schluß des Textteiles.

I N H A L T :

Für die Schriftleitung verantw.: C. M a t s c h o ß, in Vertr. K. M e y e r, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 21. NOVEMBER 1925 NR. 47

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1484.

Die Rheinregulierung.

Von Strombaudirektor Langen, Koblenz.

Niederschlagsgebiet, Wassermengen und Gefälle des Rheinstromes sind zahlenmäßig angegeben, die die einzelnen Stromstrecken kennzeichnenden Verhältnisse beschrieben und die Ziele der Regulierung, die ausgeführten Regulierungsmaßnahmen und die Erfolge dargestellt. Dieser Aufsatz ergänzt die in den beiden Rheinlandheften der Z., Nr. 31 und 32 vom 1. und 8. August 1925, zusammengefaßten Beiträge zur Jahrtausendfeier des Rheinlandes.

Allgemeines.

Der Rhein hat an der oberen Grenze des Großschiffahrtsweges bei Basel ein Niederschlagsgebiet von

	rd.	36 400 km²
nach der Einmündung der Jll bei Straßburg		41 000 „
„ „ „ des Neckars bei Mannheim		68 000 „
„ „ „ des Maines bei Mainz		98 000 „
„ „ „ der Nahe bei Bingen		103 000 „
„ „ „ der Mosel bei Koblenz		138 000 „
„ „ „ der Ruhr bei Ruhrort		154 000 „
an der holländischen Grenze bei Bimmen		160 000 „
„ „ Mündung		224 400 „

Die kleinste Wassermenge beträgt nach neueren Messungen

bei Basel etwa . . . . 300 m³/s
unterhalb Koblenz etwa 440 „
und bei Emmerich etwa 690 „

Während das Niederschlagsgebiet an der holländischen Grenze etwa 4,4mal so groß ist wie bei Basel, erhöht sich die kleinste Wassermenge also nur etwa auf das 2,3fache, was in erster Linie auf das im Gletschergebiet der Alpen gelegene Niederschlagsgebiet zurückzuführen ist, das durch Schneeschmelze gerade dann reichlich Wasser liefert, wenn in heißer, trockener Jahreszeit die Ergiebigkeit des übrigen Niederschlagsgebietes am geringsten ist. Ein weiterer Ausgleich der abfließenden Wassermenge findet durch die in der Schweiz gelegenen Seen und besonders durch den Bodensee statt.

Bei mittlerem Niedrigwasser — dem sogenannten gleichwertigen Wasserstand (Gl. W.) —, der im Durchschnitt im Jahr etwa 1½ Monate lang unterschritten wird (+ 1,27 Kölner Pegel), beträgt die Wassermenge bei Basel etwa 525 m³/s, im Rheingau (zwischen Biebrich und Bingen) etwa 800 m³/s, unterhalb Koblenz etwa 1120 bis 1150 m³/s und bei Emmerich 1430 m³/s. Bei Mittelwasser beträgt die Abflußmenge bei Basel etwa 1010 m³/s, unterhalb Koblenz etwa 1750 m³/s und bei Emmerich etwa 2030 m³/s. Die höchste Hochwassermenge wird bei Basel auf 5700 m³/s und unterhalb Koblenz auf etwa 10 000 m³/s geschätzt.

Das Gefälle des Stromes, Abb. 1, beträgt von Basel bis Breisach etwa 1,00 vT, nimmt bis Speyer ziemlich gleichmäßig bis auf 0,17 (rd. 1 : 6000) ab, und bleibt bis Bingen im ganzen gering. Im Rheingau zwischen Mainz und Bingen beträgt es etwa 0,11 vT (rd. 1 : 9000).

Die nun folgende Felsenstrecke Bingen—St. Goar zeigt starke und unregelmäßig verteilte Gefälle. Sie betragen im Mittel:

von Bingen bis Kaub . . . . . . 0,50 vT
von Kaub bis St. Goar . . . . . . 0,30 „

Ein außergewöhnlich starkes Gefäll ist naturgemäß dort vorhanden, wo das Durchflußprofil durch hervortretende Felsenriffe eingeengt ist, so insbesondere am Bingerloch, kurz unterhalb Bingen, wo sich an der engsten Stelle auf 17 m Länge ein Gefälle von 8,20 vT oder 1 : 122 gebildet

Abb. 1. Längsschnitt des Rheines von Basel bis zur Niederländischen Grenze.
Höhenmaßstab: 1 : 2000,
Längenmaßstab: 1 : 4 000 000

Abb. 2. Der Rheinstrom

hat. Wegen der geringen Länge, auf die sich dieses Gefäll erstreckt, geht die größte Oberflächengeschwindigkeit bei Niedrig- und Mittelwasser indessen nicht wesentlich über 3 m hinaus.

In den großen Tiefen zwischen Oberwesel und St. Goar, die stellenweise insbesondere in der Nähe der Loreley bis 30 m unter MW. betragen, ist das Gefälle bei kleinen und mittleren Wasserständen sehr gering, während sich bei Hochwasser zwischen den nahe einander gegenüberliegenden schroffen Felsen ein recht erhebliches Gefäll einstellt.

Von St. Goar abwärts bleibt der Strom zwar noch beiderseits von Bergen eingeschlossen, wird aber in seinem eigentlichen Flußbett nicht mehr beträchtlich durch Felsen eingeengt. Infolgedessen ist das Gefälle von hier ab regelmäßiger und im Durchschnitt geringer; es beträgt:

von St. Goar bis Boppard . . . . 0,25 vT,
von Boppard bis Koblenz . . . . . 0,19 „ ,

also weniger als 1 : 5000. Unterhalb Koblenz tritt zunächst wieder eine Verstärkung des mittleren Gefälles ein, hervorgerufen durch Abflußhindernisse, insbesondere in Form von Stromspaltungen. Das mittlere Gefälle beträgt:

von Koblenz bis Andernach . . . . 0,28 vT,
von Andernach bis Linz . . . . . 0,23 „ ,
von Linz bis Bonn . . . . 0,18 „ ,
von Bonn bis Köln . . . . 0,23 „ .

Von Bonn ab treten die Berge mehr und mehr vom Strom zurück, und es beginnt die niederrheinische Tiefebene. Demgemäß verringert sich das Gefälle beträchtlich. Es beträgt:

von Köln bis Düsseldorf . . . . . 0,17 vT,
von Düsseldorf bis Ruhrort . . . 0,19 „ ,
von Ruhrort bis Wesel . . . . . 0,15 „ ,
von Wesel bis Emmerich . . . . . 0,115 „ ,
von Emmerich abwärts . . . . . 0,107 „ .

Politisch gehört die betrachtete Rheinstrecke

von Basel bis Lauterburg	rechts zu Baden, links zum Elsaß	Länge 183 km,
von Lauterburg bis Lampertheim (oberh. Worms)	rechts zu Baden, links zu Bayern	Länge 87 km,
von Lampertheim bis Biebrich	beiderseits zu Hessen	Länge 65 km,
von Biebrich bis Bingen	rechts zu Preußen, links zu Hessen	Länge 27 km,
von Bingen bis zur holl. Grenze	beiderseits zu Preußen	Länge 336 km.

Ausbau des Stromes von Basel bis Mannheim.

Strombauliche Arbeiten hat man oberhalb Mannheims bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts lediglich mit Rücksicht auf die Uferanwohner ausgeführt. Die oberrheinische Tiefebene von Basel bis Mainz befand sich noch im Anfange des vorigen Jahrhunderts im Zustande größter Verwilderung. Der Rhein war teils in zahllose kleine und größere Arme zersplittert, teils zog er in sich fortwährend verstärkenden und häufig ihre Lage völlig verändernden Windungen durch die Ebene und richtete bei jedem Hochwasser nicht nur durch Uferabbrüche und Verwüstung fruchtbaren Landes, sondern auch durch völlige Zerstörung vieler Ortschaften die größten Verheerungen an. Eine Beseitigung dieser Zustände gelang dadurch, daß man das Rheinbett planmäßig festlegte, wobei mit Rücksicht auf die niedrig gelegenen Ländereien die Vorflut, d. h. die Senkung des Wasserspiegels möglichst vergrößert wurde.

O b e r h a l b L a u t e r b u r g s, wo der Rhein überhaupt kein deutlich ausgesprochenes Bett hatte, wurde ein gänzlich neuer, möglichst gestreckter Lauf künstlich hergestellt und durch seitliche Leitwerke festgelegt, zwischen denen eine Breite von 200 m (bei Basel) bis 250 m (bei Lauterburg) gewählt wurde. Die Leitwerke wurden bis über den Höchststand des gewöhnlichen Sommerhochwassers aufgeführt. Der Strom wurde in der Regel nur allmählich durch einzelne in die normalen Uferlinien vorgeschobene Streichwerke in die beabsichtigte Strombahn gedrängt. Zwischen den Streichwerken wurden in Abständen von etwa 100 m Lücken gelassen, die auch nach Einleitung des Talweges in das neue Bett nicht geschlossen wurden, um den mit der Ausbildung des neuen Bettes in Bewegung kommenden Geschiebemengen Gelegenheit zu geben, in die abgeschnittenen Teile des verwilderten Strombettes zu gelangen und diese aufzulanden. Erst der zunehmenden Verlandung folgend wurden diese Öffnungen nach und nach geschlossen.

Die Stromsohle blieb durchweg beweglich; der Talweg schlängelte sich in Längsabständen von etwa 1 km von Ufer zu Ufer in einer Furche, die da, wo sie dem Ufer anlag, eng und tief, in den Übergängen breit und seicht war. Auch an dem dem Talweg gegenüberliegenden Ufer hatte sich in der Regel eine zweite, weniger tiefe Stromrinne gebildet. Zwischen beiden trat die Stromsohle in Form von Kiesbänken über die gewöhnlichen Mittelwasserstände hervor. Das ganze Gebilde — Talwegwindungen und Kiesbänke — rückte je nach den Wasserständen mehr oder weniger schnell stromabwärts. Das Strombett war eben nur auf die Zusammenfassung und regelrechte Abführung des gewöhnlichen Sommerhochwassers eingerichtet, nicht aber in eine solche Form gebracht, daß es auch bei Mittel- und Niedrigwasser für die Schiffahrt nutzbar wurde.

Von der L a u t e r bis zur Einmündung des N e c k a r s ist der Stromlauf ebenfalls fast durchweg künstlich ausgebildet; die meisten der hier früher vorhanden gewesenen starken Krümmungen sind durch Durchstiche abgeschnitten, und in den beibehaltenen Stromstrecken ist die zu 240 m festgesetzte Normalbreite durch Einengwerke hergestellt. Die Stromsohle gestaltete sich bis nahe oberhalb Speyers ähnlich wie oberhalb Lauterburgs. Weiter stromab hörte der fortwährende Wechsel des Talweges auf.

im Rheingau. M. 1 : 25 000.

Für die Ausbildung eines regelmäßigen und hinreichend tiefen Schiffahrtsweges von Basel bis Straßburg ist bisher sehr wenig geschehen. Die Schiffahrt hat daher auf dieser Strecke mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen und hört bei Wasserständen unter Mittelwasser ganz auf. Um Basel an den großen Rheinschiffahrtverkehr anzuschließen, ist von französischer Seite die Herstellung eines Seitenkanals (mit 8 Schleusen) auf dem linken Ufer geplant, der gleichzeitig in großem Umfange der Kraftausnutzung dienen soll[1]). Von seiten der Schweiz und Deutschlands ist demgegenüber zur Behebung der Schwierigkeiten ein Entwurf aufgestellt, der innerhalb des Hochwasserbettes den Ausbau eines Niedrigwasserbettes in gleicher Weise vorsieht, wie er auf der Strecke Straßburg – Sondernheim mit Erfolg ausgeführt ist. Es soll wenigstens 2,0 m Fahrwassertiefe bei mittlerem Niedrigwasserstand erreicht werden, so daß, abgesehen von Unterbrechungen durch Nebel und Hochwasser sowie durch außergewöhnliche Niedrigwasserstände wie im Jahre 1921, die Großschiffahrt während des ganzen Jahres bis Basel möglich sein wird. Beide Entwürfe haben in der letzten Tagung (April 1925) der Zentralkommission für die Rheinschiffahrt in Straßburg vorgelegen und sind von ihr in der bekannten Entschließung unter bestimmten Bedingungen zur Ausführung genehmigt.

Zwischen Straßburg und Sondernheim ist seit 1907 eine Regulierung mit vollem Erfolg ausgeführt worden; sie bestand darin, daß in dem bestehenden für Mittel- und mäßiges Hochwasser bemessenen Strombett das Niedrigwasser durch Buhnen und Grundschwellen zusammengefaßt ist. Durch diese Einbauten wurde der sich vorher dauernd ändernde Talweg festgelegt. Für die Kiesbänke wurden bestimmte Ablagerplätze in Gestalt von Buhnenfeldern geschaffen und dadurch ein Niedrigwasserbett gewonnen, in dem sich ein gutes Fahrwasser ausgebildet hat. Das erstrebte Ziel, eine Fahrwassertiefe von 2,0 m bei mittlerem Niedrigwasser, ist überall, die Mindestbreite von 88 m oberhalb und 92 m unterhalb der Murgmündung fast durchweg erreicht. Die Einbauten wurden so angelegt, daß der Fluß bei der notwendigen Umlagerung des Geschiebes die Hauptarbeit leistete, so daß Baggerungen in erster Linie nur zur Gewinnung von Kies für Bauzwecke und nur in seltenen Fällen ausschließlich zur Gestaltung der Fahrwasserrinne notwendig waren. Der Baukörper der Buhnen und Grundschwellen besteht aus Senkwürsten von 8 bis 10 m Länge und etwa 0,9 m Durchmesser in Verbindung mit Kiesschüttung; die Senkwürste enthalten etwa 2 m³ Bruchsteine oder grobe Kiesstücke (Wacken), die in eine Hülle aus Faschinen eingebunden sind.

Bei Ausbruch des Krieges im Jahre 1914 war die Regulierung in ihren Hauptteilen fertig, durch den Krieg und seine Folgen verzögerte sich jedoch die endgültige Vollendung bis in das Jahr 1923.

Auf der Strecke von Sondernheim bis Mannheim sind derartig umfangreiche Arbeiten nicht erforderlich geworden; die erstrebte Wassertiefe von 2,00 m bei mittlerem Niedrigwasser hat sich im allgemeinen durch einfache Maßnahmen in ausreichender Breite erzielen und erhalten lassen; damit ein dauernd guter Zustand auch auf dieser Strecke erreicht wird, werden z. Zt., soweit erforderlich, Nachregulierungsarbeiten auf einzelnen Strecken ausgeführt.

Ausbau des Stromes von Mannheim bis Mainz.

Von Mannheim bis Mainz lagen die Verhältnisse wesentlich günstiger. Zur Regulierung des Stromes ist auf dieser Strecke allerdings eine ganze Anzahl von Durchstichen erforderlich gewesen, jedoch blieb das Gefäll und damit die Stromgeschwindigkeit so gering, daß sich auch für Niedrigwasser ohne Schwierigkeiten eine reichliche Fahrwassertiefe erreichen ließ.

Die Normalbreite des Stromes bei Mittelwasser beträgt im allgemeinen 300 m; wo es mit Rücksicht auf die Schiffahrt erforderlich war, ist das Flußbett vielfach durch Parallelwerke, unterhalb Rheindürkheim jedoch meist durch Buhnen eingeschränkt worden. Die Fahrwassertiefe auf der hessischen Strecke oberhalb Mainz ist fast durchweg 2,50 m bei mittlerem Niedrigwasser.

Ausbau von Mainz bis Bingen (preußisch-hessische Strecke).

Weit größere Schwierigkeiten ergaben sich für die Regulierung in der Rheingaustrecke von Mainz bis Bingen. Der hier sehr breite und zu Inselbildungen neigende Strom führt große Mengen Sand, die zum großen Teil aus dem Main zugetrieben sind. Diese lagerten sich, besonders nach Ablauf von Hochwassern, in sehr ungünstiger Weise im Fahrwasser ab und störten so die Schiffahrt aufs empfindlichste.

Die Beseitigung dieses Übels durch Einschränkung der Strombreite wurde durch den Einspruch der Anwohner des rechten Ufers erschwert, die von einer Beschränkung der Wasserfläche eine Schädigung des Weinbaues und von der Schaffung stillstehender Wasserflächen gesundheitsschädliche Wirkungen befürchteten. Auch konnten sich anfänglich die Uferstaaten Hessen und Nassau über die zu ergreifenden technischen Maßnahmen trotz jahrelanger Verhandlungen nicht einigen; erst von 1856 an wurde durch Vermittlung der übrigen Uferstaaten Schritt für Schritt eine Teilstrecke nach der anderen in Angriff genommen. Die noch nicht beendeten Arbeiten wurden 1866 durch den Krieg unterbrochen. Nach Beendigung des Krieges forderten die preußisch gewordenen Anwohner des rechten Ufers aus den angegebenen Gründen dringend, daß die bis dahin

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 752 u. f.

ausgeführten Regulierungswerke teilweise wieder beseitigt und weitere Einschränkungsbauten unterlassen würden. Nach eingehenden Untersuchungen und erneuten Verhandlungen wurde im Januar 1884 zwischen Preußen und Hessen ein Vertrag über die Regulierung des Rheines zwischen Mainz und Bingen abgeschlossen, der als Ziel eine Fahrwassertiefe von 2,0 m unter gemitteltem Niedrigwasser bezeichnete und weiter bestimmte, daß das Strombett auf der genannten Strecke weder zum Nachteil der oberhalb und unterhalb gelegenen Uferstrecken geändert werden dürfe, noch daß auf dieser Stromstrecke zwischen den Uferlinien bei gewöhnlichem Mittelwasser das Verhältnis zwischen dem Wasserspiegel und dem diesen überragenden Boden zum Nachteil des Wasserspiegels geändert werden dürfe. Zu diesem Zwecke sollten neue Regulierungswerke in der Regel das gewöhnliche Mittelwasser nicht überragen. Nach diesen Grundsätzen, die auch heute noch maßgebend sind, wurde ein vollständiger Regulierungsplan vereinbart, der in den Jahren 1886 bis 1891 ausgeführt worden ist.

Als Normalbreite des Mittelwasserspiegels zwischen den Streichlinien wurde das Maß von 450 m gewählt, und zwar sowohl für den einheitlichen Stromlauf als auch für die Summe von zwei durch eine Insel getrennten Armen. Am rechten Ufer bei Niederwalluf, Eltville und Geisenheim wurden die in den Strom vortretenden Buhnen wieder beseitigt; der künstlich geschlossene rechte Stromarm an der westfälischen Aue (zwischen Eltville und Östrich), die sogenannte „kleine Gies", wurde wieder geöffnet, die links gelegene „große Gies" wurde durch umfangreiche Baggerungen vertieft und begradigt. Die erforderliche Einengung des Flußbettes wurde auf dieser Strecke durch Umbauung der westfälischen Aue durch niedrig gelegene Parallelwerke erreicht, Abb. 2. Die kleine, unterhalb gelegene „Winkeler Aue" nebst den sie umgebenden Sänden ist durch Baggerung beseitigt. Weiter wurde der Strom in umfangreichem Maße durch Parallelwerke eingefaßt, die teilweise größere Öffnungen erhalten haben, um ein Versumpfen der abgeschnittenen Wasserflächen zu verhindern, während andere kleine derartige Wasserflächen durch Ausfüllen mit Baggerboden in Land verwandelt sind.

Durch diese Arbeiten ist das erstrebte Ziel im ganzen erreicht. Hin und wieder entstehen zwar noch einige Sandablagerungen, die jedoch stets in kurzer Zeit durch Baggerungen beseitigt werden, so daß den Anforderungen der Schiffahrt an das Fahrwasser Genüge getan wird.

Abb. 3. Rheinstrecke am Binger Loch.

Abb. 4. Rheinstrecke zwischen Bacharach und Kaub.

Abb. 5. Rheinstrecke zwischen Loreleyfelsen und St. Goar.

Ausbau des Stromes von Bingen bis zur holländischen Grenze (preußische Strecke).

Die Strombauarbeiten auf der preußischen Rheinstrecke gehörten bis 1850 zu den Obliegenheiten der einzelnen Regierungen. Man kam aber bald zu der Erkenntnis, daß der Rhein auf der ganzen preußischen Strecke nach einheitlichen Grundsätzen auszubauen und zu diesem Zweck einer einheitlichen Verwaltung zu unterstellen sei. Als solche wurde 1851 die preußische Rheinstrombauverwaltung beim Oberpräsidenten der Rheinprovinz in Koblenz eingerichtet. Mit Rücksicht auf die Schiffahrt wurde ihr zunächst die Aufgabe gestellt, ein Fahrwasser von 1,50 m Tiefe bei mittlerem Niedrigwasser in ausreichender Breite zu schaffen.

Den steigenden Anforderungen der Schiffahrt entsprechend, wurde dies Ziel in einer Denkschrift vom Jahre 1879 über die Regulierung der großen preußischen Ströme für den Rhein dahin erweitert, daß bei mittlerem Niedrigwasser + 1,50 am Kölner Pegel (seit dem Jahre 1923 auf + 1,27 m neu festgesetzt) eine Fahrwassertiefe von 2,00 m von Bingen bis St. Goar in mindestens 90 m Breite, 2,50 m von St. Goar bis Köln in 150 m Breite und 3,00 m von Köln bis zur holländischen Grenze in 150 m Breite erreicht werden sollte. Als normale Mittelwasserbreiten zwischen den Strombauwerken wurden festgesetzt: von Bingen bis St. Goar 230 m, von St. Goar bis zur Siegmündung 280 m, von der Siegmündung bis Emmerich 300 m und von Emmerich bis zur Grenze in allmählicher Zunahme 300 bis 340 m. Geringere Breiten sind nur ausnahmsweise unter dem Zwang örtlicher Verhältnisse angewendet worden, im übrigen ist das erstrebte Ziel in planmäßiger Arbeit überall erreicht, und zwar für die Strecke Bingen – St. Goar im allgemeinen in 120 m Breite.

Felsenstrecke Bingen–St. Goar.

Bei Bingen nimmt der Rhein plötzlich einen vollständig veränderten Charakter an. Während er im Rheingau langsam und ruhig in fast seeartiger Breite dahinfließt, verwandelt er sich von hier ab plötzlich in einen Gebirgsstrom, der sich mit reißender Gewalt zwischen steilen Felsen hindurchwindet. Die Flußsohle ist stark zerklüftet und zeigt zahlreiche, bei den niedrigsten Wasserständen noch unter Wasser liegende Spitzen und Kuppen, aber auch viele, die über den gewöhnlichen Wasserspiegel hervorragen. Diese Strecke ist daher bis Ende des vorigen Jahrhunderts für die Schiffahrt die gefährlichste des ganzen Rheines gewesen.

Am schwierigsten lagen die Verhältnisse auf der Strecke zwischen der Nahemündung und Aßmannshausen, und zwar besonders im sogenannten Bingerloch, wo die Felsen als harte Quarzfelsen zutage treten, Abb. 3. Hier war schon in früheren Jahren mit unzulänglichen Mitteln notdürftig ein Schiffahrtsweg hergestellt, der in den Jahren 1830 bis 1832 auf 1,40 m Tiefe und etwas über 20 Breite bei Mittelniedrigwasser gebracht wurde.

In den Jahren 1839 bis 1841 wurden weitere Sprengungen an den kurz oberhalb und unterhalb gelegenen Felsen vorgenommen.

Im Jahre 1860 wurde mit dem Bau eines zweiten Fahrwassers von i. M. 80 m Breite neben dem Bingerloch an der linken Seite begonnen, indem umfangreiche Flächen des Strombettes bis zur Burg Rheinstein mit Buhnen verbaut und zur Begrenzung auf der linken Seite ein Parallelwerk und auf der rechten Seite ein Trennungswerk hergestellt wurde. Die Sohle selbst wurde durch umfangreiche Felssprengungen vertieft. Die Tiefe im zweiten Fahrwasser blieb bei diesen Arbeiten 0,20 m geringer als im Bingerloch, und der Ausgleich des Gefälles wurde ebenfalls nicht erreicht.

Weitere Arbeiten zur Verbesserung der Bingerlochstrecke wurde in den neunziger Jahren nach eingehenden Untersuchungen ausgeführt, mit dem Ziel, im Bingerloch eine Fahrrinne von 30 m Breite bei 2,00 m Tiefe unter gemitteltem Niedrigwasser (+ 1,28 m Binger Pegel) und im zweiten Fahrwasser auf der ganzen Breite eine Tiefe von 1,50 m zu erreichen. Die außerordentlich schwierigen Arbeiten, die unter Aufrechterhaltung des Schiffahrtsbetriebes ausgeführt werden mußten, hatten einen vollen Erfolg. Für die Schiffahrt war nunmehr eine Fahrrinne mit der gleichen Tiefe, wie auf den anschließenden Stromstrecken, geschaffen. Aus der geringeren Breite entsteht eine wesentliche Erschwerung deshalb nicht, weil die enge Stelle nur sehr kurz ist und sich oberhalb und unterhalb rasch erweitert. Die Bergfahrt gibt auch bei günstigen Wasserständen, die ihr an sich auch die Fahrt durch das zweite Fahrwasser ermöglichen, dem Bingerloch-Fahrwasser den Vorzug, weil hier die stärkere Strömung nur in einem kleinen Streifen vorhanden ist, während zu beiden Seiten sich ruhiges Wasser befindet. Die Schiffe fahren im Schutze der seitlich anstehenden Felsen stromauf und haben nur auf einer kurzen Strecke das starke Gefälle zu überwinden, so daß bei Schleppzügen, die in der Gebirgsstrecke nicht mehr als drei Anhänge haben dürfen, sich immer nur ein Fahrzeug in der Strecke der starken Widerstände befindet, während im zweiten Fahrwasser alle Schiffe des Schleppzuges gleichzeitig in der starken Strömung liegen.

Bei Sperrung des Lochfahrwassers infolge von Unfällen hat es sich jedoch als dringlich erwiesen, daß auch das zweite Fahrwasser die volle Tiefe von 2,00 m unter mittlerem Niedrigwasser hat; ein Entwurf hierfür wurde 1917 aufgestellt und wird zurzeit ausgeführt. Das Ziel soll erreicht werden durch Einschränkung des überbreiten unteren Teiles des zweiten Fahrwassers auf 80 m, durch Verbauung der zu großen Tiefen im unteren Teil durch Grundschwellen behufs Ausgleichs des Gefälles und durch Beseitigung der zu hoch anstehenden Felsen im oberen Teil. Die Arbeiten haben infolge ungünstiger Wasserstände und infolge der Ereignisse von 1923 nur langsam gefördert werden können. Mit den Spreng- und Aufräumarbeiten ist in diesem Sommer begonnen worden. Die erneut angestellten sehr eingehenden Untersuchungen der Fußsohle lassen sicher erwarten, daß man das gesteckte Ziel erreicht, ohne eine Absenkung der Wasserstände oberhalb zu verursachen, was unter allen Umständen vermieden werden muß.

Eine andre bemerkenswerte Stromschnelle, das sogenannte „Wilde Gefähr", liegt zwischen Bacharach und Kaub, Abb. 4, wo ähnlich wie am Bingerloch mittels eines Trennungswerkes ein zweiter Schiffahrtsweg, das sogenannte „Kauber Wasser" hergestellt ist. Dieses am rechten Ufer gelegene lange und schmale Fahrwasser bildet im Gegensatz zum zweiten Fahrwasser am Bingerloch einen vorzüglichen und beliebten Weg für die Bergfahrt der Schleppzüge.

Besonders erwähnt seien noch die Arbeiten zwischen der Loreley und St. Goar, Abb. 5, wo auf dem linken Ufer durch Buhnen und ein Leitwerk die große Bucht verbaut und auf dem gegenüberliegenden rechten Ufer hinter einem hochwasserfreien Trennungsdamm Raum für einen Sicherheitshafen, den Loreleyhafen, gewonnen wurde.

Zur Schaffung der durchweg 120 m breiten Fahrrinne auf der Strecke Bingen – St. Goar mußten sehr umfangreiche Felssprengungen ausgeführt worden, die in den Jahren 1880 bis 1900 fast 6 Mill. ℳ gekostet haben. Ferner sind zahlreiche Buhnen zum Abschließen von Buchten und zum Regulieren der Strombreite oberhalb und unterhalb von Niederheimbach bis Bacharach hergestellt worden.

Strecke St. Goar–Koblenz.

Auf dieser Strecke hat es im allgemeinen an ausreichender Tiefe des Talweges nicht gefehlt; doch war das Fahrwasser stellenweise sehr eng, unregelmäßig und stark gewunden infolge von Ablagerungen aus grobem Kies und Geröll, oft untermischt mit schweren Letten. Diese Ablagerungen, die teils inselartig mitten im Strom lagen, teils von den Ufern aus vortraten, hemmten den regelmäßigen Stromlauf und bereiteten der Schiffahrt große Schwierigkeiten. Die Ausbildung eines regelmäßigen Fahrwassers

Abb. 6. Stromspaltung bei Ehrenthal.

Abb. 7. Rheinstrecke am Weißenthurmer Werth.

Abb. 8. Rheinstrecke am Nonnenwerth.

wurde durch Buhnen und Leitwerke, geeignetenfalls in Verbindung mit Grundschwellen, vorbereitet; die Ablagerungen, soweit sie in der gewünschten Fahrrinne lagen, mußten meist durch Baggerungen beseitigt werden. Als Beispiel sei die Stromspaltung bei Ehrenthal angeführt, Abb. 6, wo in der beschriebenen Weise zu beiden Seiten des „Ehrenthaler Werths" ein geeignetes Fahrwasser hergestellt wurde.

Strecke Koblenz–Andernach.

Der Rhein durchfließt hier das sogenannte Neuwieder Becken, das vor Zeiten offenbar einen See gebildet hat. Die hochgelegenen Inseln Niederwerth und Graswerth bei Vallendar, das Urmitzer Werth und das Weißenthurmer Werth (zwischen Weißenthurm und Neuwied) unterbrechen den regelmäßigen Stromlauf. Das Flußbett besteht vorwiegend aus grobem Kies, der stellenweise in Form von festen Bänken früher Schiffahrtshindernisse bildete, die, soweit nötig, durch umfangreiche Baggerungen beseitigt sind. Eine Beseitigung der Stromspaltungen bei Vallendar und Neuwied war nicht angängig, da hier auf beiden Seiten Ortschaften liegen, die vom Fahrwasser nicht abgeschnitten werden durften. Durch Verbauung von Buchten und Einschränkung übermäßiger Breiten mittels Buhnen wurde für eine regelmäßige Stromführung gesorgt, die Vertiefung des Fahrwassers gefördert und der Bildung neuer Ablagerungen vorgebeugt. Die Endigungen der Inseln wurden zu schlanken Spitzen ausgebaut und unter Umständen durch Trennwerke verlängert. Eine Ergänzung solcher Arbeiten findet zurzeit am Weißenthurmer Werth, Abb. 7, statt, wo sich bei ganz niedrigen Wasserständen Schwierigkeiten für die Schiffahrt ergeben hatten. Die Verbauung übermäßiger Tiefen in den schmalen Rinnen neben den Kiesbänken durch Grundschwellen, deren Zwischenräume mit Baggerkies ausgefüllt wurden, hat sich hier als vorteilhaft erwiesen.

Strecke Andernach–Bonn.

Diese Strecke, auf der der Rhein sich seinen Weg zwischen Bergen der Eifel und des Westerwaldes gebildet hat, zeichnet sich durch einen sehr regelmäßigen Verlauf aus. Nur an wenigen Stellen waren bemerkenswerte Regulierungen erforderlich. Am wichtigsten ist der Ausbau der Nonnenwerther Stromspaltung bei Rolandseck, Abb. 8, berühmt durch ihre eigenartige landschaftliche Schönheit.

Der früher das meiste Wasser abführende, stark gekrümmte rechtsseitige Stromarm vor Honnef wurde bereits 1790 durch ein oberes, etwa auf Mittelwasser liegendes Abschlußwerk gesperrt, zu dessen Unterstützung 1855 weiter unten ein zweites angelegt wurde. Zwischen Honnef und Königswinter sind zur Verbauung der dortigen großen Bucht zahlreiche weit vortretende Buhnen gebaut. Die Insel Nonnenwerth erhielt stromauf und stromab ausgedehnte Richtwerke. Zur Vertiefung des linksseitigen Stromarms wurden von der Insel aus Buhnen vorgestreckt, und das gegenüberliegende linke Ufer durch hinterfüllte Parallelwerke vorgeschoben. Der als Hauptschiffahrtsweg dienende mittlere Stromarm hat sich nach Abschluß des Honnefer Armes selbsttätig vertieft. Es ist hier gelungen, die Interessen der Großschiffahrt mit denen der Uferanwohner, denen die Verbindung mit dem Strom nicht abgeschnitten werden durfte, und der hier überaus wichtigen Forderung zur Wahrung des schönen Landschaftsbildes zu vereinigen. [B 755]

(Schluß folgt.)

Elektrische Schachtsignalanlagen.

Elektrische Schachtsignalanlagen haben wegen der wesentlichen Nachteile der alten mechanischen Schachtsignalanlagen weite Verbreitung gefunden. Sie bestehen in der Regel aus zwei aus einer Stromquelle gespeisten Stromkreisen, von denen der eine ins Maschinenhaus, der andre in den Schacht führt. Wegen der guten Selbstüberwachung und der einfacheren Leitungsführung ist auch hier, wie bei den Feuerwehr- und Polizeimeldeanlagen, die Reihenschaltung der Signalglocken am verbreitetsten. Die ganz in Öl gebetteten Signalschalter werden heute meist einpolig hergestellt, jedoch hat die etwas verwickeltere zweipolige Ausführung wichtige Vorteile. Die Anlagen werden am zweckmäßigsten aus einer Akkumulatorenbatterie gespeist, die sich durch größte Betriebsicherheit auszeichnet.

Die besonders in der ersten Zeit nach Einführung der elektrischen Signalanlagen auftretenden Störungen und Falschsignale stellten sich als durch Isolationsfehler bedingte Erdschlüsse heraus, die vor allem in nassen und ausziehenden Schächten infolge der zersetzenden chemischen Einflüsse des Grubenwassers vorkommen. Eine ständige Überwachung des guten Isolationszustandes der Leitungen durch selbsttätig anzeigende Einrichtungen, z. B. Kontakt-Widerstandsmesser mit Auslöseschalter, wird daher vor allem dazu beitragen, Unfälle und Betriebstörungen einzuschränken. Ein weiteres Mittel, Betriebstörungen bei einpoligen Anlagen durch Erdschlüsse vorzubeugen, ist die Benutzung einer eigenen unabhängigen Stromquelle und Leitung für jede Schachtanlage; bei doppelpoliger Ausführung sind dagegen, selbst bei Verwendung gemeinsamer Stromquellen, Falschsignale gänzlich ausgeschlossen. („Glückauf" Bd. 61 (1925) S. 1326.) [N 1078] Pr.

Die Floridsdorfer Brücke über die Donau in Wien.

Von Ing. Anton Hafner, Ministerialrat im Bundesministerium für Handel und Verkehr, Wien.

Umbau der großen Donaubrücke bei Aufrechthaltung des Gesamtverkehres ohne Einbau von Notbrücken

Abb. 1. Floridsdorfer Brücke, erbaut an Stelle der Kaiser-Franz-Joseph-Brücke über die Donau in Wien.

Durch das Einbeziehen der am linken Donauufer gelegenen industriereichen Vororte in das Stadtgebiet von Wien im Jahre 1905 wuchs der Straßenverkehr auf der im Zuge der Prager und Brünner Straße gelegenen Kaiser-Franz-Joseph-Brücke (jetzt Floridsdorfer Brücke, Abb. 1), über die Donau in kurzer Zeit derart an, daß sie den Anforderungen nicht mehr genügte. Die Brücke, Abb. 2, war bei 12,6 m Nutzbreite zwischen den Geländern und 6,2 m Fahrbahnbreite nicht nur zu schmal, sondern für den Verkehr mit Lastwagen von 6 t zulässiger Belastung auch zu schwach, Abb. 3. Daher entschloß sich die niederösterreichische Donau-Regulierungs-Kommission, die anläßlich der großen Regulierungsarbeiten bei Wien in den Jahren 1872 bis 1874 die alte Brücke erbaut hat, diese durch ein den neuzeitlichen Verkehrsverhältnissen entsprechendes Bauwerk zu ersetzen.

Die Brücke wurde in zwei zeitlich getrennten, unmittelbar aufeinanderfolgenden Abschnitten umgebaut. Mit Rücksicht auf ihre Wichtigkeit und Unentbehrlichkeit für den öffentlichen Verkehr wurde so vorgegangen, daß die gesamten Arbeiten bei voller Aufrechterhaltung des darüber gehenden dichten Straßen- und des darunter gehenden Eisenbahn- und Schiffahrtverkehres ohne Einbau von behelfsmäßigen Einrichtungen durchgeführt werden konnten. Dies wurde wie folgt erreicht:

Zunächst wurde stromabwärts, dicht neben der alten Brücke, die eine Hälfte der neuen der ganzen Länge nach fertiggestellt und dem Verkehr übergeben, Abb. 4 und 5. Hierauf wurde die alte Brücke abgetragen und an ihrer Stelle die andere Hälfte der neuen aufgestellt, mit der in Verkehr befindlichen Hälfte verbunden und fertiggestellt, Abb. 6 und 7. Nach diesem Vorgang, der erst durch ein besonderes, soweit bekannt, hier zum erstenmal angewendetes Einbauverfahren der Strombrückenträger möglich wurde, war man in der Lage, nach Fertigstellung der Arbeiten in der stromaufwärts gelegenen Hälfte eine ungeteilte, einheitliche Fahrbahn dem Verkehr zu übergeben.

Das Brückenbauwerk gliedert sich in eine 426,1 m lange Flutbrücke, eine 335,1 m lange Strom- und eine 85,9 m lange Kaibrücke, Abb. 8. Daran schließt links, d. h. in der Richtung gegen Floridsdorf, eine 310 m lange, geschüttete Rampe und am rechten Ufer, also in der Richtung gegen die Stadt, eine durch drei gewölbte Durchfahrten von je 5 m lichter Weite unterbrochene gemauerte Rampe von 142,0 m Länge an. Der ganze Bau hat daher samt den beiderseitigen Auffahrtrampen rd. 1,3 km Länge. Die Nutzbreite der Brücke

Abb. 2. Die alte Kaiser-Franz-Joseph-Brücke über die Donau in Wien.

Abb. 3. Querschnitt der alten und neuen Brücke.

sowie die der stadtseitigen Rampe beträgt 24 m, Abb. 3, jene der linksseitigen Rampe 31,1 m.

Die Fahrbahnoberkante der Strombrücke verläuft wagrecht, die Oberkante der Flutbrücke erhielt 0,4 vH, die der Kaibrücke 1,1 vH, die beiderseitigen Rampen 0,8 und 1,3 vH bzw. 2,9 vH Gefälle. Für die Höhenlage der Strombrücke war maßgebend, daß zwischen der Tragwerkunterkante und dem Nullwasserspiegel der Donau eine Durchfahrthöhe von 10 m für die Schiffahrt frei zu halten ist. Die Tragwerke der Kaibrücke wieder waren so hoch zu legen, daß die Gleise der Donauuferbahn sowie die danebenliegenden Industriegleise die vorgeschriebenen lichten Durchfahrthöhen erhielten. Die Unterkante der Flutbrücke mußte an der tiefsten Stelle wenigstens 0,5 m über dem höchstbekannten Hochwasserstand liegen.

Von den 16 Pfeilern und den beiden Widerlagern, die den Überbau zu tragen haben, wurden 14 auf Eisenbeton und 3 auf Eisensenkkasten gegründet; hiervon mußten jene der Strombrücke bis zu einer Tiefe von 9,9 bis 14,0 m unter N.-W. der Donau abgesenkt werden. Das Mauerwerk der Pfeiler, Widerlager und Rampenmauern besteht aus Beton und erhielt durchgehends eine Verkleidung mit Granitquadern. Die gesamten Tragwerke der Brücke bestehen aus Eisen. In den Flut- und Kaibrückenfeldern sind sieben unter der Fahrbahn liegende Vollwandträger angeordnet, während in den Stromfeldern je zwei mächtige Vollwandbogen mit Zugband darüber hinausragen. Die Entfernungen der Pfeilermitten betragen bei den 12 Flutbrücken 35,1, 10×35,5 und 36 m, bei den 4 Strombrücken 4×83,8 m und bei der Kaibrücke 15,1, 4×9,5, 2×14,2 und 4,1 m. Die Hauptträger der Flutbrücke bilden vier Gruppen Gerberträger mit Gelenken in den Außenfeldern, jene der Kaibrücke liegen auf flußeisernen Pendelstützen frei auf.

Abb. 4. Aufstellung der neuen Brücke in einem Stromfeld; die alte Brücke im Verkehr. Erster Bauabschnitt.

Für den Bau waren rd. 12 000 t Martin-Flußeisen und Flußstahl und mehr als 2,4 Millionen Nieten erforderlich, wovon über 800 000 an der Baustelle geschlagen wurden. Die durchgehends 13,80 m breite Fahr-

bahn bietet Raum für den zweigleisigen Verkehr von Straßenbahnzügen der schwersten Art und drei Reihen Lastfuhrwerken von 12 bzw. 28 t Gesamtgewicht. Die je 5,10 m breiten Gehwege sind für eine gleichförmig verteilte Belastung von 460 kg/m² berechnet. Die Beanspruchungen der Eisentragwerke liegen nach der österreichischen Straßen- bzw. Eisenbahnbrückenvorschrift innerhalb der zulässigen Grenzen und betragen im Höchstfall 1000 kg/cm², bei Wind 1200 kg/cm².

Die Fahrbahn der Strombrücke erhielt ein Pflaster aus 13 cm hohen Lärchenholzstöckeln auf Beton und Belageisen, jene der Flut- und Kaibrücke ein solches aus 13 cm, die der beiderseitigen Rampen aus 18 cm hohen Granitwürfeln auf Sand in Asphaltverguß. Die Gehwege der eigentlichen Brücke bestehen aus 7 cm dicken Eisenbetonplatten mit 3 cm Asphaltbelag, jene der stadtseitigen Rampe aus 31 × 31 cm großen in Sand verlegten Granitplatten. In den Brückentragwerken ist unterhalb der beiden Gehwege noch Raum freigelassen für die Überführung von je zwei 600 mm weiten Gas- und Wasserleitungsrohren, für je zwei Starkstrom- und Postkabelleitungen, ein Kabel der städtischen Feuerwehr und für zwei Stränge Rohrpost. Zur Untersuchung der Tragwerke und Instandhaltung der Leitungen in den vier Strombrückenfeldern wurde in jedem Feld ein 26,1 m langer, 1,60 m breiter Wagen eingebaut, der mit Windwerken von Hand aus fortbewegt werden kann.

Für die Überführung des Fußgängerverkehrs in das am linken Ufer 10 m tiefer liegende Flutgebiet sowie auf den am rechten Stromufer gelegenen Vorkai und als Abschluß der vier Strombrückenfelder dienen in Granitquader-Mauerwerk ausgeführte, architektonisch einfach ausgestaltete Stiegenhäuser, Abb. 1. Stromaufwärts der Stiegenhäuser sind erkerartige Vorbauten — Kanzeln — vorgesehen, die einen freien Ausblick über den breiten Donaustrom bis gegen Klosterneuburg hinauf und gegen die gartenreichen westlichen Bezirke Wiens gestatten.

Der Bau wurde Anfang Mai 1913 begonnen und sollte nach dem ursprünglich aufgestellten Bauprogramm in 4½ Jahren beendet werden. Durch den Krieg und seine wirtschaftlichen Folgen, welche die Arbeiten zwar wiederholt ins Stocken, jedoch nie vollständig zum Stillstand brachten, verzögerte sich die Fertigstellung bis Ende 1923.

Über die werktägige Verkehrsdichte geben nachfolgende Zahlen Aufschluß: Nach Zählungen im Jahre 1923 verkehrten nach beiden Richtungen über die Brücke täglich mehr als 3000 Fuhrwerke, darunter über 500 Kraftwagen, gegen 2000 Fußgänger, über 400 Radfahrer und mehr als 400 Züge der elektrischen Straßenbahn mit nahezu 1200 Wagen. Diese Zahlen gewinnen noch an Bedeutung, wenn man berücksichtigt, daß sich der Verkehr nicht auf alle Tageszeiten gleichmäßig verteilt, sondern überwiegend nur auf wenige Stunden des Tages zusammengedrängt ist.

Der Entwurf dieses mächtigen Brückenbaues entstammt der Donau-Regulierungs-Kommission. Sie war es auch, die den Bau zielbewußt mit großer Umsicht und Energie geführt und ihn trotz aller Schwierigkeiten zu Ende gebracht hat. Den allgemeinen Entwurf und die Vorarbeiten für den Bau hat Prof. Dr.-Ing. Fr. Postuvanschitz unter Mitwirkung des Sektionschefs im Ministerium für öffentliche Arbeiten, Dr.-Ing. K. Haberkalt, durchgeführt. Die Ausarbeitung der Sonderentwürfe und die Bauleitung an Ort und Stelle lagen in Händen des Verfassers. Die gesamten Unterbauarbeiten wurden von der Bauunternehmung, Ingenieure Mayreder, Kraus & Co., Wien, ausgeführt. Die Lieferung und der Einbau der Eisentragwerke wurde einem Brückenbaukonsortium, bestehend aus den Firmen R. Ph. Waagner, L. & J. Biro und A. Kurz, Witkowitzer Bergbau- und Eisenhütten-Gewerkschaft und Jg. Gridl in Wien, übertragen. Die Gesamtkosten des Baues waren im Herbst 1912 mit 12 000 000 Goldkronen veranschlagt.

Abb. 5. Die Hälfte der neuen Brücke, dem Verkehr übergeben, die alte zum Teil abgetragen.

Abb. 6. Ausbau des Mittelträgers in einem Stromfeld, zweiter Bauabschnitt.

Abb. 7. Ausbau des Mittelträgers in einem Stromfeld; die neue Brückenhälfte im Verkehr. Zweiter Bauabschnitt.

Abb. 9. Die fertige Brücke im Verkehr, Innenansicht.

Abb. 8. Aufbau der neuen Floridsdorfer Brücke über die Donau in Wien.

Die neue Floridsdorfer Brücke bildet durch die Zweckmäßigkeit ihrer Anlage sowie die Großzügigkeit der Ausführung und nicht zum mindesten durch die Einfachheit und Gefälligkeit ihrer architektonischen Ausgestaltung eine Sehenswürdigkeit der Bundeshauptstadt Wien, Abb. 1 und 9. Sie gibt aber auch Zeugnis von der Leistungsfähigkeit der österreichischen Industrie sowie von der Tatkraft der Ingenieure Österreichs und kann mit Recht zu den schönsten Brücken der Gegenwart gezählt werden. [B 940]

Schwedische Verbrennungskraftmaschinen.

Von Professor E. Hubendick.

(Forts. von S. 1408.)

Vergasermotoren für Kraftwagen und Boote.

Der Spiritusmotor der A. B. Scania-Vabis, Södertälje, Abb. 26, hat vier Zylinder mit 90 mm Dmr. und 140 mm Hub. Die Bauart, die nach neuzeitlichen Gesichtspunkten durchgeführt ist, ist genau aus Abb. 27 ersichtlich. Zu erwähnen ist nur, daß auch bei dieser Maschine sämtliche Flächen im Verdichtungsraum bearbeitet sind und daß die Maschine mit Vorwärmung der Luft bis zu 150 °C arbeitet. Nach Aufsetzen eines andern Zylinderkopfes kann die Maschine auch mit Benzin betrieben werden. Das Verdichtungsverhältnis ε beträgt bei Spiritus 8,5 und bei Benzin 4,7. Es ist zu beachten, daß trotz Vorwärmung der Luft bis zu 135 °C und einer Temperatur der Brennstoffmischung von 42 °C die Ladung im Zylinder beim Verdichtungsbeginn geringer ist als bei Benzinbetrieb ohne Vorwärmung, weil der Verdichtungsraum und die Abgasmenge kleiner sind. Die Ergebnisse der Maschine bei Betrieb mit Spiritus und mit Benzin sind aus Abb. 28 zu ersehen.

Dieselbe Fabrik baute schon früher einen gewöhnlichen Benzinmotor mit den gleichen Zylinderabmessungen, der 36 PS bei 1350 Uml./min leistete, während der Spiritusmotor bei der gleichen Drehzahl 43 PS, d. h. 19 vH mehr als der Benzinmotor, liefert. Dieses Verhältnis wird nur wenig von der Drehzahl beeinflußt. Theoretisch wäre etwa 25 vH Mehrleistung zu erwarten. Der beste Brennstoffverbrauch bleibt bemerkenswert unverändert von 1500 Uml./min ab aufwärts. Der niedrigste Verbrauch liegt bei etwa 1800 Uml./min und beträgt bei voller Belastung 260 g/PSh Spiritus bei $\varepsilon = 8{,}2$ gegen 220 g/PSh

RZ475Z26

Abb. 26. Spiritusmotor der A.-B. Scania-Vabis.

RZ475Z27

Abb. 27. Schnitt durch den Scania-Vabis-Spiritusmotor.

PS
62
54
46
38
30
22
14
a
b
g/PSh
350
310
270
230
c
d
e
f
400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 Uml./min

RZ475Z28

Abb. 28. Leistungen und Verbrauch des Scania-Vabis-motors bei Spiritus- und Benzinbetrieb.

a Leistung bei Spiritusbetrieb, Verdichtungsverhältnis $\varepsilon = 8{,}5$
b Leistung bei Benzinbetrieb, $\varepsilon = 4{,}7$
c Brennstoffverbrauch bei Spiritusbetrieb und halber Leistung
d Brennstoffverbrauch bei Spiritusbetrieb und voller Leistung
e Brennstoffverbrauch bei Benzinbetrieb und halber Leistung
f Brennstoffverbrauch bei Benzinbetrieb und voller Leistung

Abb. 31.

Abb. 32.

Abb. 34. Draufsicht.

Abb. 31 bis 34. Neuerer Sechszylindermotor der A.-B. Pentaverken.

Benzin bei $\varepsilon = 4{,}7$. Die Erhöhung des Wirkungsgrades beträgt also etwa 15 vH gegenüber dem theoretischen Wert von 25 vH. Die Schaulinien zeigen günstige Ergebnisse. Der mittlere Kolbendruck bei Spiritusbetrieb erreicht den hohen Wert von 8,25 kg/cm² bei 1650 Uml./min. Bei derselben Umlaufzahl und Benzin als Brennstoff beträgt der mittlere Kolbendruck 7,1 kg/cm².

Bei den Penta-Motoren, Abb. 29 und 30, ist besonders der sogenannte Universalvergaser zu erwähnen, bei dem das Brennstoffgemisch hinter dem eigentlichen Vergaser in einem Gegenstromapparat erwärmt wird, weshalb auch Petroleum zum Betriebe verwendet werden kann. Bei dieser Maschine hat man versucht, eine möglichst gedrängte Anordnung zu erreichen. Rohrleitungen, Vergaser, Wendegetriebe usw. sind mit dem Motor zusammengebaut. Die vier Zylinder haben je 92 mm Dmr. und 190 mm Hub. Der Motor leistet bei 800 Uml./min 15 PS mit Benzin und 14 PS mit Petroleum. Der Benzinverbrauch beträgt 280 g/PSh, der Petroleumverbrauch 300 g/PSh.

Abb. 29 und 30. Schiffsmotor der A.-B. Pentaverken, Skövde, mit Universal-Vergaser.

Abb. 33. Schnitt durch einen Zylinder des 72 PS-Penta-Motors.

Abb. 35. Albin-Bootsmotor von L. A. Larsons in Kristinehamn.

Eine ganz neuzeitliche Ausführung, die aber doch mit der ursprünglichen Penta-Maschine gut übereinstimmt, ist die in Abb. 31 bis 34 gezeigte Schiffsmaschine von 72 PS. Diese Maschine ist mit Druckluftbehälter ausgerüstet und hat sechs Zylinder von 140 mm Dmr. und 250 mm Hub; sie arbeitet in der Regel bei 500 Uml./min. Bei Speisung mit Benzin leistet die Maschine 72 PS und verbraucht 260 g/PSh. Bei Petroleumbetrieb sind die entsprechenden Zahlen 63 PS und 275 g/PSh.

Von L. A. Larsons in Kristinehamm stammt der in Abb. 35 wiedergegebene Motor. Die Maschine ist in ihren Hauptteilen aufgebaut wie die meisten Viertakt-Bootsmotoren. Einige Einzelheiten an ihr sind aber doch bemerkenswert, wie der Zylinderdeckel und das wassergekühlte Abgasrohr. Die inneren Teile werden dadurch geschmiert, daß die Pleuelstangen und die Kurbeln in das Ölbad im Kurbelgehäuse eintauchen. Das Öl hält sich immer in einer bestimmten Höhe und der Überschuß fließt in den unteren Teil des Kurbelgehäuses. Von dort wird es durch einen Sieb von einer Ölpumpe abgesogen und in die Wellenlager gedrückt. Die Maschine wird von einem besonderen Bedienungsplatz aus angekurbelt.

Abb. 36. Kennlinien des Albin-Motors, Abb. 35, bei Benzinbetrieb, $\varepsilon = 4{,}47$.

a Umlaufzahl *b* Brennstoffverbrauch g/PSh *c* Brennstoffverbrauch kg/h.

Abb. 36 und 37 zeigen die Kennlinien dieser Maschine. In Abb. 36 sind Leistung und Brennstoffverbrauch bei einem Verdichtungsverhältnis $\varepsilon = 4{,}47$ mit Benzin bei verschiedenen Belastungen und Umlaufzahlen aufgetragen. Abb. 37 zeigt Leistung und Brennstoffverbrauch bei verschiedenen Umlaufzahlen, Verdichtungsverhältnissen und Brennstoffen. Besonders beachtenswert ist, daß der Petroleumbetrieb vollständig rauch- und geruchlose Abgase zeigte.

Abb. 37. Kennlinien des Albin-Motors beim Betrieb mit verschiedenen Brennstoffen und verschiedenen Verdichtungsverhältnissen.

a	Leistung PS	$\varepsilon = 5{,}45$	Benzin
b	„ „	$\varepsilon = 4{,}47$	„
c	„ „	$\varepsilon = 7{,}1$	Spiritus
d	„ „	$\varepsilon = 4{,}47$	Petroleum
e	Verbrauch g/PSh	$\varepsilon = 5{,}45$	Benzin
f	„ „	$\varepsilon = 7{,}1$	Spiritus
g	„ „	$\varepsilon = 4{,}47$	Petroleum
h	„ kg/h	$\varepsilon = 5{,}45$	Benzin
i	„ „	$\varepsilon = 7{,}1$	Spiritus
k	„ „	$\varepsilon = 4{,}47$	Petroleum

Abb. 38 und 39. Zweitakt-Glühkopfmotor von J. & C. G. Bolinders Mek. Verkst. A.-B., Stockholm.

Abb. 44. Brennstoffverbrauch des Bolindermotors.

Glühkopfmotoren.

Den allgemeinen Aufbau eines schwedischen Glühkopfmotors für Rohöl- oder Schwerölbetrieb zeigen Abb. 38 und 39. Abb. 40 stellt einen 160 PS-Motor dieser Bauart für Rohölbetrieb dar, der auch schon bis zu 360 PS mit vier Zylindern gebaut worden ist. Diese Maschine hat elektrische Anlaßvorrichtung und verstellbare Düse. Das macht die Wassereinspritzung entbehrlich, was für Schiffsmotoren von großer Wichtigkeit ist. Die elektrische Anlaßvorrichtung, Abb. 41 und 42, besteht aus einem in den Glühkopf eingesetzten Glühkörper, der durch elektrischen Strom zum Glühen gebracht wird und dadurch als Verdampfer und Zünder wirkt bis der Glühkopf warm geworden ist. Danach wird der Strom wieder ausgeschaltet. Der Strom wird einer Batterie entnommen, die während des Betriebes geladen wird. Die Vorteile dieser Anordnung sind, daß die Maschine immer für unmittelbares Anlassen bereit und schnell betriebfertig ist.

In dem gekühlten Gehäuse des Anlassers, das durch Gewinde im Glühkopf befestigt ist, ist ein langgestreckter, röhrenförmiger Körper, Zündventil genannt, befestigt und in diesem sitzt der eigentliche Glühkörper des Zünders. Er besteht aus einer mit Glimmer isolierten, im Zündventil befestigten Stange, die gleichzeitig Elektrode ist. Sie trägt auf ihrem inneren Ende eine durch Glimmer isolierte Eisendrahtwicklung, deren eines Ende mit der Stange und das andere mit dem Zündventil und der Eisenmasse des Motors in Verbindung steht. Durch Einschalten des Stromes wird der Draht zum Glühen gebracht. Nachdem der Glühkopf warm geworden ist, wird der Strom ausgeschaltet; durch Drehen der beiden Handgriffe an dem Zündventil, Abb. 42, wird dieses in das wassergekühlte Gehäuse zurückgezogen und so vor dem Verbrennen geschützt. Der Unterteil des Zündventils hat größeren Durchmesser und dient als Verschlußventil. Auch in der Arbeitslage ist die Öffnung durch ein Rückschlagventil abgeschlossen. Durch Federn wird in beiden Fällen die Ventildichtung gesichert und Wärmebeeinflussungen entzogen. Die Stromleitung zum Zünder kann man mit einem Handgriff ab- und ankuppeln. Abb. 43 zeigt den Zünder an einer Maschine.

Damit Wassereinspritzung vermieden wird, ist, wie schon angegeben, die Düse mittels eines Handgriffes zu verstellen, Abb. 42. Durch diese Verstellung wird erreicht, daß bei niedriger Belastung mehr, bei höherer Belastung weniger Wärme dem Glühkopf zugeführt

Abb. 40. Bolinder-Glühkopfmotor von 160 PS.

Abb. 43. Elektrischer Anlasser, am Glühkopf des Bolindermotors angebaut.

Abb. 46. Schnitt durch den 5 PS-Bolinder-Glühkopfmotor.

Abb. 45. 5 PS-Bolinder-Glühkopfmotor.

wird. Hierdurch wird die Temperatur des Glühkopfes geregelt.

Der Brennstoffverbrauch des Bolinder-Motors, Abb. 44, beträgt bei verschiedenen Zylindergrößen nach Versuchsergebnissen:

5 PS je Zylinder	. . .	290 g/PSh
12 bis 25 „ „ „	. . .	260 „
40 „ 50 „ „ „	. . .	250 „
87,5 „ „ „	. . .	235 „

Besondere Aufmerksamkeit verdient der kleine 5 PS-Motor, Abb. 45. Die Umlaufzahl der Maschine ist sehr hoch, sie beträgt 1000 Uml./min. Die Welle läuft in Kugellagern, der Kurbelzapfen in einem Rollenlager. Dadurch erhält die Welle eine eigentümliche Bauart, Abb. 46. Die Kühlpumpe ist rechts und die Brennstoffpumpe links in Abb. 46 ersichtlich. Der Handgriff über der Brennstoffpumpe dient zum Einspritzen von Hand und zum Abstellen der Maschine. Der Handgriff am

Abb. 41 und 42. Elektrischer Anlasser des Bolinder-Motors.

Abb. 47. Zweizylinder-Glühkopfmotor der Firma Bergsunds Mek. Verkst. A.-B., Stockholm, mit Luftumsteuervorrichtung.

Abb. 48. Druckluft-Umsteuervorrichtung des Bergsund-Motors.

a Schiebergehäuse
b Schieber
c, d Kanäle im Schieber
e, f Kanäle im Schiebergehäuse
g Verteiler
h, i, k Ventilwege
l Steuerhebel
m Hahn
n, o, p Hahnwege.

Abb. 49. Kennlinien des Bergsund-Motors.

a Brennstoffverbrauch in kg/h *b* Umlaufzahl
c Brennstoffverbrauch in g/PSh.

Ab. 50 und 51. Schnell-Anwärmelampe des Avance-Motors.

Gehäuse dient zur Regelung der Umlaufzahl. Der Glühkopf hat eine eigentümliche Gestalt und ist mit dem Zylinderdeckel zusammengegossen. Die Maschine wird auf diese Weise außerordentlich einfach und billig.

In Abb. 47 ist eine zweizylindrige mit Druckluft umsteuerbare Maschine von 16 PS von Bergsund wiedergegeben. Diese neue Umsteuervorrichtung ist von Bedeutung, weil sie schon für zweizylindrige Maschinen benutzt werden kann. Sie ist auch baulich ganz eigenartig, Abb. 48. An jedem Zylinder ist ein Anlaßventil angebracht. Diese Ventile bleiben während der ganzen Anlaßzeit geöffnet. Zur Verteilung der Druckluft an die verschiedenen Zylinder ist eine Schiebervorrichtung mit Verteiler vorhanden, der sich im Schiebergehäuse *a* befindet. Dieses Gehäuse ist über der Brennstoffpumpe und in der Mitte der Reglerwelle festgeschraubt. Der Schieber *b*, ein Rundschieber, läuft in dem Gehäuse um und wird von der Reglerwelle angetrieben. In diesem Schieber sind zwei Kanäle *c* und *d* angeordnet, die keine Verbindung miteinander haben, die sich aber mit den Kanälen *e* und *f* im Schiebergehäuse decken können. Die Kanäle *e* und *f* führen je zu einem Zylinder. Der Verteiler *g* ist über dem Schiebergehäuse angeordnet und steht einerseits mit dem Druckluftbehälter, anderseits unmittelbar mit den oben genannten Schieberkanälen in Verbindung. Innerhalb des Ventiles, das mit drei Wegen *h*, *i* und *k* versehen ist, einem Zulauf und zwei Abläufen, ist ein vom Steuerhebel *l* drehbarer Hahn *m* mit drei Wegen *n*, *o* und *p* vorhanden. Der Hahn enthält noch eine Kanalgruppe, die mit den vorher genannten Kanälen nicht in Berührung kommt. Diese Anordnung ist in Abb. 48 mit punktierten Linien eingetragen. Letztgenannte Kanäle münden in die eine Stirnfläche des Hahnes.

Die Ventile an den Zylindern sind als Rückschlagventile ausgeführt, stehen durch Rohre mit den obengenannten Kanälen *e* und *f* in Verbindung und werden von dem Steuerhebel *l* mittels Welle und Hebel gesteuert. Diese Ventile

Abb. 52. Brennstoffverbrauch des 35 PS-Avance-Motors.

Abb. 53 und 54. Glühkopfmotor der A.-B. Jönköpings-Motorfabrik, Jönköping.

werden in dem Augenblick geschlossen, wo der Steuerhebel in die Betriebstellung geht.

Der Motor wird z. B. zur Vorwärtsfahrt wie folgt angelassen: Der Manöverhebel *l* wird schnell in seine eine Endlage (Vorwärtslage) geführt. Der mit dem Hebel verbundene Hahn *m* wird dabei in die Lage gebracht, die Abb. 48 zeigt. Gleichzeitig werden die Anlaßventile an den Zylindern geöffnet. Die Druckluft strömt dabei durch die Kanäle *h*, *n*, *p* und *i* in den Schieberkanal *c*. Der Schieber verteilt die Luft in die Kanäle *e* und *f*, von wo sie weiter durch die Rohre und Ventile in den Zylinder gelangt. Während so der Kolben durch die Druckluft nach unten getrieben wird, dreht sich der Schieber, und Druckluft wird in den zweiten Zylinder hineingelassen, während der erste abgesperrt wird. Um den Gegendruck während des Verdichtungshubes des Kolbens aufzuheben oder zu verkleinern, wird während dieses Hubes der Zylinderinhalt ganz oder teilweise ins Freie gedrückt. Das geschieht auf demselben Wege wie für den Drucklufteintritt, indem die Luft durch die offenen Anlaßventile, Verbindungsrohre und die Schieberkanäle *e* und *f* und den Schieberkanal *d* entweicht. Schließlich strömt sie durch die zweite der oben erwähnten Kanalgruppen des Hahnes ins Freie aus. Wenn der Motor eine genügende Umlaufzahl erreicht hat, wird der Anlaßhebel wieder in Betriebstellung geführt. Daher schließt der Hahn *m* jetzt sämtliche Zu- und Abläufe, auch die Anlaßventile werden geschlossen, und das regelmäßige Arbeiten des Zweitaktmotors fängt an. Während des Anlassens sind die Brennstoffpumpen des Motors im Betrieb, weshalb der Motor sofort eine genügende Umlaufzahl erreicht. Auch das Ein- und Ausschalten der Brennstoffpumpen geschieht selbsttätig.

In Abb. 49 sind die Kennlinien eines Dreizylindermotors von 75 PS wiedergegeben.

Auch beim Avance-Motor hat man durch Düsenverstellung die Wassereinspritzung entbehrlich gemacht. Diese Maschine ist auch mit einer sogenannten Schnell-Anwärmelampe, Abb. 50 und 51, ausgerüstet, die mit Rohöl gespeist wird und einfach mit einem Streichholz angezündet werden kann. Zu einer Düse im Brenner führen zwei Rohre mit Kegelschrauben. Beide Rohre kommen vom Brennstoffbehälter der Lampe, das eine vom Brennstoffraum, das andere vom Luftraum. Im Brennstoffbehälter wird ein hoher Gasdruck dadurch erhalten, daß der Luftraum mit einem Druckgas-Behälter verbunden ist. Dieser wird entweder mit einer Handpumpe oder mit Verbrennungsgasen des Arbeitszylinders aufgeladen. Die Regelschrauben werden derart eingestellt, daß eine gute Mischung und Verbrennung erreicht wird. Der Gasverbrauch ist unbedeutend.

Abb. 55. Kennlinien eines einzylindrigen 30 PS-Jönköping-Motors.
a, *b* Brennstoffverbrauch in g/PSh
c, *d* Brennstoffverbrauch in kg/h
e Umlaufzahl.
Links mit, rechts ohne Wassereinspritzung.

Den Brennstoffverbrauch eines 35 PS-Einzylinder-Avance-Motors zeigt Abb. 52.

Einen Glühkopfmotor der A.-B. Jönköpings Motorfabrik zeigen Abb. 53 und 54; die Wellenlager sind als Kugellager derart ausgeführt, daß sie in kurzer Zeit und ohne Auseinandernehmen der ganzen Maschine untersucht werden können. Zu diesem Zweck wird der Außenring jedes Kugellagers von einem Halbring getragen, den man nach Abheben des Lagerdeckels herausdrehen kann. Dann kann man auf bekannte Weise den Außenring des Kugellagers verschieben und dadurch die Kugeln freilegen. Das Kugellager wird vermöge dieser Anordnung ebenso leicht bedienbar wie ein Gleitlager.

Abb. 55 zeigt den Brennstoffverbrauch eines einzylindrigen Jönköping-Motors. [B 475]

(Schluß folgt.)

Geschwindigkeitsmesser.

Das in Abb. 1 wiedergegebene Normal- und Ferntachometer benutzt als Geber eine kleine Gleichpol-Gleichstrommaschine. Die Dynamo erzeugt bei 1 : 4 bzw. 1 : 2 Kegelradübersetzung 40 oder 20 Millivolt auf je 1000 Uml./min der Antriebwelle. Da der Ankerwiderstand nur ungefähr 0,0003 Ω beträgt, ist die Stromaufnahmefähigkeit sehr hoch, ohne daß sich ein merklicher Spannungsabfall ergibt. Das Gerät ist infolgedessen zum Nachprüfen und Nacheichen einer beliebigen Zahl von Millivoltmetern und andern Anzeigevorrichtungen sowie auch zum vorübergehenden und dauernden Messen oder Aufzeichnen der Drehzahlen beliebiger Maschinen, in deren Nähe oder entfernt von ihnen, geeignet. Ein weiterer Vorteil ist die vollständige Unabhängigkeit des Anzeigegerätes von Temperaturschwankungen. Infolge der niedrigen Höchstspannung von 0,1 V bleibt die Isolation in der Dynamo dauernd gut. Schleifkontakte, die oftmals Anlaß zu Störungen gegeben haben, sind durch Quecksilberkontakte ersetzt. Das Quecksilber (40 g) befindet sich in einem vollkommen abgeschlossenen Ringraum und braucht lange Zeit weder erneuert noch gereinigt zu werden. Das Gerät kann auch, ohne daß das Quecksilber ausfließt, gekippt, umgedreht und in jeder Lage befördert werden; nach Aufrichten ist es dann sofort wieder betriebfähig. Aus Abb. 2 und 3 ist der Aufbau des Gerätes ersichtlich. Der Stutzen *n* ist gegebenenfalls zum Antrieb eines nachzuprüfenden Tachometers verwendbar. Die Kegelräder der Übersetzung werden durch die Schraube *b* umgeschaltet und in ihrer jeweiligen Lage gehalten. Zum Nacheichen dienen an der Dynamo vier magnetische Eichnebenschlüsse *p*. Das Tachometer wird von der Firma Stepper & Co., Hamburg, hergestellt. [M 234] Js.

Abb. 1. Neuartiges Normal- und Ferntachometer von Stepper & Co., Hamburg.

Abb. 2 und 3. Aufbau des Geschwindigkeitsmessers
b Umschaltschraube *n* Anschlußstutzen für Tachometer *p* Eichnebenschlüsse.

Amerikanische Elektroöfen zum Schmelzen von Metallen.

Der Detroit-Elektroschaukelofen.

Von Dr.-Ing. Hans Nathusius, Berlin.

Die Gründe, die die deutschen Metallgießereien zur Anwendung der elektrischen Oefen bewegen müßten, werden angeführt. Der Ajax-Wyatt-Ofen, die Schwierigkeiten seiner Zustellung und sein begrenztes Anwendungsgebiet. Der Detroit-Elektroschaukelofen und seine Betriebsweise. Angabe von Betriebsergebnissen aus amerikanischen Metallschmelzwerken und Hinweis auf die bei Anwendung des Detroitofens in Deutschland zu erwartenden Vorteile.

In letzter Zeit wird endlich auch in Deutschland der Verwendung von Elektroöfen in den Metallgießereien ernstlich das Wort geredet.

Schon häufig ist darauf hingewiesen worden, daß uns die Amerikaner auf diesem Gebiete weitaus überlegen sind. Selbstverständlich spielen hierbei die viel günstigeren Stromerzeugungs- und Absatzverhältnisse in Amerika eine große Rolle. Strom ist im Verhältnis billiger, Rohstoffe sind ebenfalls meist billiger und in größeren Mengen vorhanden, und, was ausschlaggebend ist, die Absatzverhältnisse sind sehr günstig, insofern, als nicht nur größere Mengen der Erzeugnisse auf dem amerikanischen Markt untergebracht werden können, sondern auch große Nachfrage nach gleichgeformten Erzeugnissen vorhanden ist. Man braucht nur an die vielen gleichgestalteten Metallteile in der Reihenerzeugung für elektrische Geräte, Motorwagen, Armaturen, Beleuchtungskörper, Türen- und Fenstergriffe usw. zu denken.

Der Metallguß wird deshalb in Amerika sehr lohnend in besonderen Gießereien beträchtlicher Ausdehnung in Massenherstellung erzeugt, während dies im Gegensatz dazu in Deutschland häufig in einem etwas stiefmütterlich behandelten Nebenbetriebe der Maschinenfabriken oder Eisengießereien geschieht, der dann natürlich entsprechend unwirtschaftlich arbeitet.

Folgende praktische Gründe sollten unsere Metallgießereien bewegen, auch zum elektrischen Schmelzverfahren überzugehen:

1. Das elektrische Schmelzverfahren läßt jederzeit eine genaue Prüfung der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Legierung zu,
2. es gewährleistet tadellose Gußstücke, so daß der Ausschuß fast vernachlässigt werden kann, was gleichbedeutend ist mit Ersparnissen sowohl an Bearbeitungs- als auch an Schmelzkosten,
3. Metall von Tiegelgüte kann ohne Anwendung der teuern Tiegel erzeugt werden,
4. die Metallverluste sind geringer als 1 vH, im Vergleich zu 3 bis 8 vH bei koks- oder ölgefeuerten Schmelzöfen,
5. die Erzeugungszeit kann durch kein anderes Schmelzverfahren so abgekürzt werden,
6. man kann ohne geschulte Schmelzer auskommen,
7. man hat weder Brennstoff noch Asche zu befördern oder zu lagern, und der Arbeiter hat bessere Arbeitsbedingungen, weil Rauch und Staub fehlen,
8. weil hierbei Öfen größerer Fassung als bei den früher üblichen Tiegelöfen verwendet werden können, wodurch größere Gleichmäßigkeit der Erzeugnisse, geringere Löhne und gesteigerte Erzeugung ermöglicht wird.

Theoretisch sind folgende Vorteile für das elektrische Schmelzen von Metallen geltend zu machen:

1. Die Schmelzung geht in neutraler oder reduzierender Atmosphäre vor sich, wodurch der Abbrand verringert und das Metallbad frei von Oxyden gehalten wird;
2. der Schmelzvorgang vollzieht sich in einem Schmelzraum, der frei von ständigem Durchzug von Verbrennungsgasen ist; dadurch werden die Verluste durch Verflüchtigung von Zink- oder Bleigasen herabgedrückt, und die Aufnahme von Schwefel ist unmöglich;
3. die Temperatur kann im elektrischen Ofen besser als in irgendeinem andern Ofen geregelt werden;
4. in elektrischen Schaukel- oder in Induktionsöfen wird das Bad sehr gut durchgemischt, so daß auch bei größerem Einsatz eine vollkommen gleichmäßige Legierung entsteht.

Man unterscheidet bei den elektrischen Metallschmelzöfen, ähnlich wie bei den Elektrostahlöfen, Induktions- und Lichtbogenöfen. Der hauptsächlich in die Praxis eingeführte Induktionsofen für Metallschmelzungen ist der bereits häufig im deutschen Fachschrifttum beschriebene

Ajax-Wyatt-Ofen[1]).

Während neuerdings in der Elektrostahlindustrie fast allgemein wegen der hohen Anlagekosten der elektrischen Ausrüstung (umlaufende Umformer) und der Schwierigkeit bei der Zustellung der Induktionsöfen (Durchbruchgefahr) ein Abschwenken zu den Lichtbogenöfen zu beobachten ist, scheint der Induktionsofen bei den Metallgießereien eher Anerkennung zu finden. Allerdings ist das Anwendungsgebiet der Induktionsöfen für Metallschmelzungen begrenzt, was auch die Erbauer und Erfinder des Ajax-Wyatt-Ofens, C. H. Clamer und J. R. Wyatt von der Ajax Metal Co., freimütig anerkennen. H. W. Gillet und E. L. Mark[2]) vom Bureau of Mines der Vereinigten Staaten begründen diese Einschränkung der Anwendung des Ajax-Wyatt-Ofens etwa wie folgt:

Im Induktionsofen herrscht nicht selbsttätig eine reduzierende Atmosphäre wie im Lichtbogenofen, der Kohlen- oder Graphitelektroden benutzt. Daher ist hier normalerweise eine oxydierende Atmosphäre vorhanden, was bedingt, daß man das Metallbad mit einer Schicht Holzkohle bedecken muß.

Durch die Anwesenheit von Sauerstoff bildet sich an den inneren Wänden des Induktionsofens leicht eine Kruste von Zinkoxyd, wodurch allmählich der Schmelzraum zuwachsen würde, wenn man nicht alle zwei oder drei Tage die Kruste mittels Lufthammers beseitigen würde.

Da der Kraftbedarf des Industionsofens von dem Widerstand des Metallbad-Stromkreises abhängt und der Widerstand von Messing (60 : 40) und reinem Kupfer z. B. sehr verschieden sind, muß, wenn man einen und denselben Induktionsofen für solche verschiedenen Legierungen anwenden will, ein Mittel vorgesehen werden, um die Primärspannung zu verändern, etwa durch einen Spar-Anzapftransformator o. ä. Man kann dann die Primärspannung von etwa 2300 bis 6600 V auf die Ofenspannung von etwa 220 V umsetzen. Dabei könnten Legierungen von 90 vH Kupfer und 10 vH Zink oder 60 vH Kupfer und 40 vH Zink im gleichen Ofen behandelt werden. Legierungen von über 90 vH Kupfer haben jedoch einen so niedrigen Widerstand, daß eine Widerstandschleife von geringerem Querschnitt angewendet werden müßte, als es für Legierungen mit höherem Zinkgehalt erforderlich ist. Es ist infolgedessen in diesen Fällen sehr schwierig, einen guten Leistungsfaktor zu erzielen, wenn man Legierungen mit hohem Kupfergehalt einschmelzen will. Im allgemeinen ist deshalb der Induktionsofen hierfür weniger geeignet.

Eine weitere, sehr wichtige Einschränkung des Anwendungsbereiches der Induktionsöfen liegt in der Tatsache, daß irgendein Kurzschluß der Widerstandschleife verhängnisvoll werden muß. Ebenso würde irgendein Durchbruch, der sich auf die Primärwindung oder den Kern ergießt, nicht nur den Ofen außer Betrieb setzten, sondern auch zerstörend auf einzelne Ofenteile einwirken.

Aus diesen Gründen muß das feuerfeste Futter der Widerstandschleife vollkommen frei von Rissen und Metalldurchsetzungen gehalten werden. In Amerika wird das Futter aus Asbestzement und andern kostspieligen Stoffen eingestampft. Der Ofen muß langsam an der Luft, dann einige Tage in einem Trockenofen getrocknet werden. Erst dann darf durch langsames Erhitzen die Feuchtigkeit aus

[1]) „Die Elektrostahlöfen" von E. Fr. Ruß, München und Berlin 1924. R. Oldenbourg, S. 355.

[2]) „Electric Brass Furnace Practice" by M. W. Gillet and E. L. Mark, Department of the Interior, Bureau of Mines, Washington, Government Printing Office 1922, S. 263.

Abb. 1. Detroit-Elektroschaukelöfen für 375 und 125 t, erbaut von der Detroit Electric Furnace Co., Detroit, Mi.

dem Ofen getrieben werden, damit der Asbestzement abbindet. Das Einstampfen und Trocknen muß außerordentlich vorsichtig geschehen und erfordert sehr viel Geschicklichkeit und Erfahrung, wenn nicht die Zustellung in kurzer Zeit erneuert werden soll.

Das Asbestzementfutter widersteht gut dem Messing. Die durchschnittliche Haltbarkeit einer solchen Zustellung reicht aus für 75 t bei einem 30 kW-Ofen oder für 500 Einsätze von 150 kg.

Hingegen verträgt solches Futter nicht die Behandlung von Legierungen, die hohen Bleigehalt haben. Es ist allgemein bekannt, daß das Blei die Fähigkeit hat, in die feinsten Poren jeder Zustellung einzudringen. Aus diesem Grunde raten die Erbauer des Ajax-Wyatt-Ofens nicht zur Verwendung dieses Ofens für Legierungen, die über 3 bis 3,5 vH Blei enthalten. Der Ajax-Wyatt-Ofen ist deshalb auch mehr geeignet für Walzwerke, die selten Legierungen auswalzen, die mehr als 3 vH Blei enthalten, hingegen weniger geeignet für Metallgießereien, die oft Legierungen mit ziemlich hohem Bleigehalt erschmelzen müssen.

Der Detroit-Elektroschaukelofen

ist diesen Beschränkungen nicht unterworfen. Er wird von der Detroit Electric Furnace Company, Detroit, Michigan, gebaut. Bei meiner Anwesenheit in Amerika im Mai dieses Jahres waren während der letzten sechs Jahre etwa 185 Stück solcher Öfen an 100 Firmen geliefert. Ich habe die Öfen in Amerika bei mehreren Firmen im Betriebe gesehen und erhielt über sie nur gute Auskunft, hatte auch persönlich einen sehr guten Eindruck von der Einfachheit, Sicherheit und Sparsamkeit ihres Betriebes.

Der Detroitofen, Abb. 1, zeichnet sich durch sehr einfache und gedrängte Bauart aus. Er ist trommelförmig und hat zwei in der Drehachse der Trommel gelagerte wagerechte Elektroden. Die Trommel ist mit starkem zylindrischen Stahlblech bewehrt; hieran sind zwei Spurkränze, die in vier Rollen gelagert sind, und zwei Zahnkränze angebracht, auf die ein Zahnradgetriebe wirkt, das mit dem Kipp- und Schaukelmotor gekuppelt ist. Die Trommel kann so leicht gekippt, geschaukelt und um ihre Achse gedreht werden. Das Eisenblech ist innen zunächst mit Isoliersteinen aus Sil-o-cel (Infusorienerde), dann dahinter mit hochfeuerfesten Korunditsteinen mit hohem Tonerdegehalt ausgemauert, die den eigentlichen Schmelzherd bilden.

In dem Stahlblechzylinder der Trommel ist an einer Stelle ein Ausschnitt gemacht, an dem eine während der Schmelzzeit dicht verschließbare Ladetür angebracht wird. Unter dieser Ladetür ist eine kleine Abstichrinne angeordnet, die ebenfalls während der Schmelzdauer durch einen Tonpflock verschlossen werden kann.

Die elektrische, selbsttätige Schaukelvorrichtung sieht einen Anschlag vor, so daß beim Schaukeln der Trommel nach dem Einschmelzen des Schrotts zwecks besserer Durchmischung der Legierung das flüssige Bad niemals bis an die Tür herankommt. Zum Abstich wird der Tonpflock aus der Abstichrinne entfernt und die Trommel so weit gekippt, daß das Metallbad durch diese Rinne restlos aus dem Schmelzraum ausfließen kann. Die Zusammensetzung der Legierung jedes neuen Einsatzes ist also durch die vorhergehenden Einsätze unbeeinflußt und kann beliebig oft geändert werden.

Die Abstichpfanne oder der Abstichtiegel werden hierbei, sofern es sich um Öfen größerer Fassung (z. B. von 1000 kg) handelt, durch einen kleinen Schwenkkran gehalten, der neben dem Ofen angeordnet ist. Die seitlichen Elektrodenhalter, die sich ebenfalls durch einfache Konstruktion auszeichnen, sind an den Stahlblechböden der Stirnseiten der Trommel angebracht. Sie machen also die Kipp- und Schaukelbewegung des Ofens mit. Die Elektrodenklemmbacken wie die Abdichtung der Elektroden beim Eintritt in die Stirnwände der Trommel werden mit Wasser gekühlt.

Die Stromzuleitungen zu den Klemmbacken der Elektroden sind aus biegsamen Kabeln hergestellt. Dies bedeutet einen großen Vorteil gegenüber den Öfen, die, wie der Booth-, Ruß und Rheinmetallofen, umlaufen und mit empfindlichen und verwickelten Schleifkontakten ausgerüstet sein müssen. Die Elektrodenhalter sind auch so lang, daß die Elektroden während des Ladens vollkommen aus dem Schmelzraum herausgezogen werden können, wodurch Elektrodenbruch hierbei vermieden wird.

Neuerdings werden auf Wunsch die Detroitöfen auch so eingerichtet, daß die Trommel zum Gießen abgehoben und unmittelbar über die Gußformen gebracht werden kann, wodurch Wärme- und Gießverluste infolge Einschaltens eines Zwischengliedes, der Gießpfanne oder des Gießtiegels, während des Gießens vermieden werden, Abb. 2.

Nachdem die Erfinder des Detroitofens erkannt hatten, daß zum Schmelzen von Metallen der Ofen mit mittelbarem Lichtbogen, bei dem also die Lichtbögen über der Beschickung überspringen und nicht auf die Beschickung gerichtet sind, der geeignetste ist, mußten sie auch Mittel und Wege angeben, um dessen Nachteile möglichst zu beseitigen. Sie kamen deshalb darauf, diesen Ofen während und nach dem Einschmelzen des festen Einsatzes in verschiedenen Stufen einstellbar elektrisch und selbsttätig zu schaukeln.

Diese Maßnahme soll folgendes bewirken:

1. Unter den Lichtbögen an der Oberfläche der Einsätze darf keine Überhitzung eintreten, da durch das Schaukeln die Lichtbögen immer wieder über neuen Stellen des Einsatzes zu liegen kommen; deshalb geringe Metallverluste.
2. Die Ausmauerung darf nicht thermisch überbeansprucht werden, da auch hier die Lichtbögen während des Schaukelns ihre Wärme nicht nach einer und derselben Stelle hin ausstrahlen, und weil etwaige im Mauerwerk aufgespeicherte übermäßige Wärme mit dem Bade fortgespült wird, wodurch die Haltbarkeit der feuerfesten Zustellung erhöht und der thermische Wirkungsgrad des Ofens gesteigert wird.

Abb. 2. Elektroschaukelofen, dessen Trommel abgehoben und unmittelbar über die Gußform gebracht werden kann.

Zahlentafel 4. Betriebsbericht über den Detroit-Elektroschaukelofen der Kennedy Valve

Einsatznummer . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Die Zustellung hielt Einsätze	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Beginn des Ladens	7^{10}	7^{38}	8^{03}	8^{28}	8^{53}	9^{19}	9^{42}	10^{05}	10^{27}	10^{47}	11^{10}	11^{30}	11^{58}
Zeit des Stromeinschaltens .	7^{15}	7^{41}	8^{06}	8^{30}	8^{58}	9^{22}	9^{45}	10^{07}	10^{29}	10^{50}	11^{13}	11^{33}	12^{00}
Zeit des Stromausschaltens . .	7^{36}	8^{01}	8^{23}	8^{48}	9^{16}	9^{39}	10^{02}	10^{24}	10^{45}	11^{07}	11^{28}	11^{49}	12^{57}
kWh-Aufnahme vor d. Schaukeln	15	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Gesamtverbrauch . . . . . kWh	35	30	29	28	27	26	25	26	24	24	27	24	27
Metalltemperatur . . . °C	1240	1240	1240	1240	1240	1240	1200	1240	1240	1240	1200	1240	1260
Gewichte des Einsatzes . . kg	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Zusammensetzung und Analyse des Einsatzes	Steiger Blöcke Drehspäne 85 5 5 5	desgl.	desgl.	desgl.	Hochwertige Ringe Steiger Blöcke Drehspäne	Steiger Blöcke Drehspäne 85 5 5 5	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.	Ringe Steiger Blöcke Drehspäne	Steiger Blöcke Drehspäne 85 5 5 5
Betriebspause min	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	—
Betriebspause Ursache	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Mittag	—

Bemerkungen: Erzeugung 22 Einsätze zu je 90 kg. Gesamte Betriebzeit des Ofens 8 h und 36 min. Gesamtes geschmolzenes brauch für 1 t 287 kWh. Durchschnittliche Schmelzdauer für 1 Einsatz 16 min. Der Ofen war am zweiten Tag

Nach Angaben der Lieferfirma soll der Detroitofen einen thermischen Wirkungsgrad von 75 vH gegenüber 10 bis 15 vH der alten, mit Brennstoff gefeuerten Öfen haben.

3. Das Bad soll eine mäßige Rührbewegung erhalten, wodurch das Enderzeugnis eine vollständig homogene Legierung ergibt, die frei von allen Gas- und Schlackeneinschlüssen, d. h. außerordentlich dicht ist. Selbst bei Legierungen mit 30 vH Bleigehalt sollen keine Seigerungen eintreten.

   Da durch das verschieden einstellbare Schaukeln nur eine Rührbewegung in gewünschten Grenzen (entgegen der sehr heftigen bei den Induktionsöfen) veranlaßt wird, können Teile aus der Zustellung nicht ins Bad gespült werden.

4. Das Einschmelzen soll rasch vor sich gehen, wodurch die Tageserzeugung erhöht und der Lohnanteil an den Gestehungskosten und die unproduktiven Ausgaben für Krane, Maschinen usw. herabgesetzt werden.

Ich hatte Gelegenheit, diese Öfen bei der Cadillak Motor Car Co., Detroit, im Betriebe zu besichtigen, und zwar waren hier drei Detroitöfen von 110 kg und zwei solcher Öfen von 340 kg Fassung in Betrieb. Die kleineren Öfen nahmen 75 und die größeren 150 kVA an Leistung auf.

Nach dem Einsetzen des Schrottes und dem Einschalten des Stromes beginnen die Öfen die Schmelzperiode in Ruhestellung. Nach etwa 5 bis 10 Minuten, d. h. wenn der Ofen rd. 10 kWh (bei den größeren Öfen rd. 20 kWh) aufgenommen hat, wird die selbsttätige elektrische Schaukelvorrichtung zunächst in geringem Ausmaß angestellt. Sobald der Einsatz ganz geschmolzen ist, wird im größten Ausmaß geschaukelt.

Die Einstellung der verschiedenen Stufen der Schaukelvorrichtung richtet sich nach der Art der Legierungen und ist eine Erfahrungssache.

Ein einziger Mann genügt, um alle Arbeiten am Ofen zu verrichten. Bei den kleineren Öfen dauert die Einschmelzzeit rd. 20 bis 40 und bei den größeren Öfen rd. 55 Min. So können 8 bis 20 Einsätze in 8 h abgegossen werden. Der Stromverbrauch schwankt je nach Ofengröße für 1000 kg Fertigerzeugnis zwischen 330 und 360 kWh, eingearbeiteten und ununterbrochenen Betrieb vorausgesetzt.

Die verwendeten Einphasentransformatoren haben zwei hochspannungsseitige Zuführungen und zwei niederspannungsseitige Ableitungen, die sich aber nachher zur Vermeidung der Selbstinduktion wieder teilen. Sie transformieren den Strom von der jeweiligen Netzspannung auf die Ofenspannung, die bei den kleineren Öfen etwa 100 und bei den größeren Öfen 125 V betrug. In diese Transformatoren ist eine Drosselspule mit eingebaut, um die Stromstöße abzudämpfen und das stromliefernde Kraftwerk vor Überlastung zu schützen. Bei den größeren Öfen beträgt die Reaktanz 28 vH, bei den kleineren 40 vH.

Während ich die Öfen im Betriebe besichtigte, wurde eine Legierung mit 85 vH Kupfer (Rotguß) eingeschmolzen. Hierbei soll ein reiner Metallverlust von 0,5 bis 1 vH entstehen.

Bei der Hayes Mfg. Co. in Erie besichtigte ich vier Detroitöfen: 2 Öfen von 340 kg Fassung bei 150 kVA Transformatorleistung, 1 Ofen von 225 kg Fassung bei 125 kVA Transformatorleistung, 1 Ofen von 110 kg Fassung bei 75 kVA Transformatorleistung. Hier handelte es sich um eine reine Elektrometallgießerei, d. h. sie hatte alle ihre

Zahlentafel 1. Herstellung von Rotguß in einem 1 Tonnen-Detroitofen (short ton = 907 kg).

In den Zahlentafeln metrische Gewichte; Preise und Lohnkosten beziehen sich auf amerikanische Verhältnisse.

Legierung 85 vH Kupfer, 5 vH Zinn, 5 vH Blei, 5 vH Zink.
Gegossen in Sandform.
Gießtemperatur 1180 bis 1210 °C.
Schichteneinteilung 9½ h am Tage.
Durchschnittliches Einsatzgewicht rd. 0,9 t.
Durchschnittliche Schmelzdauer 60 min.
Erzeugung 7 Einsätze = 6,35 t in 9½ h.

Schmelzkosten für 1000 kg:

Stromverbrauch 315 kWh/t zu 8,4 ₰/kWh . . .	26,40 ℳ
Feuerfeste Stoffe (vollständige Zustellung für 1000 Einsätze insgesamt 945 ℳ)	0,95 „
Elektrodenverbrauch 1,62 kg/t zu 2,20 ℳ/kg . . .	3,55 „
Löhne für 1 Arbeiter und die halbe Zeit von 1 Helfer, je 2,10 ℳ/h	4,70 „
Ausbesserungen und Schlosserarbeiten	1,10 „
Metallverlust 0,5 vH = 5 kg zu 1,12 ℳ/kg . . .	5,60 „
Gesamte Schmelzkosten für 1 t Rotguß	42,30 ℳ

Zahlentafel 2. Herstellung von Kraftwagenteilen in einer Automobilfabrik in Detroit in einem 340 kg-Detroitofen.

Legierung: 84 vH Kupfer, 5 vH Zinn, 8 vH Blei, 3 vH Zink.
Gußstücke: Hochwertiger Guß für Kraftwagen.
Schichteneinteilung 9½ h am Tage. Der Ofen wurde von Hüttenflur von Hand beschickt.
Durchschnittliches Einsatzgewicht 340 kg.
Durchschnittliche Schmelzdauer 55 min.
Gießtemperatur 1190 bis 1230 °C.
Erzeugung 8 Einsätze = 2,7 t in 9½ h.

Schmelzkosten für 1000 kg:

Stromverbrauch 320 kWh/t zu 8,4 ₰/kWh . . .	26,90 ℳ
Feuerfeste Stoffe (vollständige Zustellung für 1800 Einsätze kostet 1200 ℳ)	1,95 „
Elektrodenverbrauch 1,62 kg/t zu 2,20 ℳ/kg . . .	3,55 „
Löhne für 1 Arbeiter zu 2,40 ℳ/h	8,45 „
Ausbesserungen und Schlosserarbeiten	1,10 „
Metallverlust 0,5 vH = 5 kg/t zu 1,10 ℳ/kg . .	5,50 „
Gesamte Schmelzkosten für 1 t hochwertigen Automobilguß	47,45 ℳ

Mfg. Co., Elmira, N. Y., 3. November 1924.

14	15	16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29	30	31
1^{03}	1^{27}	1^{52}	2^{15}	2^{35}	3^{03}	3^{24}	3^{45}	4^{06}
1^{06}	1^{30}	1^{55}	2^{17}	2^{42}	3^{05}	3^{26}	3^{48}	4^{11}
1^{24}	1^{47}	2^{12}	2^{33}	2^{58}	3^{21}	3^{42}	4^{03}	4^{26}
10	10	10	10	10	10	10	10	10
24	26	25	24	24	25	25	24	25
1200	1240	1240	1240	1240	1240	1240	1240	1240
90	90	90	90	90	90	90	90	90
desgl.	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

Metall 2000 kg. Gesamter Stromverbrauch 574 kWh. Stromver- im Betrieb.

alten Ölfeuerungsöfen abgerissen und arbeitete nur noch mit Detroitöfen. Es wurden Messingrohre und Fittings hergestellt.

Der Stromverbrauch betrug für 1 t Fertigerzeugnis rd. 350 kWh. Der Abbrand an Metallen wurde mir mit 0,89 bis 1 vH angegeben. Auch hier war das Ofenblech zuerst mit Isoliersteinen gegen Wärmeableitung isoliert, dann war nach innen eine Schicht Korunditsteine gemauert.

Zahlentafel 3. Herstellung von Rotguß in einer Metallgießerei in einem 100 kg-Detroitofen.

Legierung 80 vH Kupfer, 1 vH Zinn, 11 vH Blei, 8 vH Zink.
Gußstücke Kleine Rohransätze, Luftventile und Gas- und Wasserleitungsverbindungsstücke.
Gießtemperatur 1150 °C.
Schichteneinteilung 9½ h am Tage. Der Ofen wurde von Hand beschickt.
Durchschnittliches Einsatzgewicht 100 kg.
Durchschnittliche Schmelzdauer 20 bis 25 min.
Erzeugung im Mittel 18 Einsätze = 1,8 t in 9½ h.

Schmelzkosten für 1000 kg:

Stromverbrauch 305 kWh/t zu 9,5 ₰	29,— ℳ
Feuerfeste Stoffe (vollständige Zustellung für 1500 Einsätze kostet insgesamt 315 ℳ)	2,10 „
Elektrodenverbrauch 2,25 kg/t zu 2,10 ℳ/kg	4,75 „
Löhne für 1 Arbeiter zu 2,40 ℳ/h	12,65 „
Ausbesserungen und Schlosserarbeiten	1,10 „
Metallverlust 0,6 vH = 6 kg/t zu 1,10 ℳ/kg	6,60 „
Gesamte Schmelzkosten für 1 t Rotguß	56,20 ℳ

Solche Zustellung soll 1168 Einsätze von je rd. 360 kg aushalten. Andre Firmen sollen Haltbarkeiten bis zu 2000 Einsätzen mit einer Zustellung erzielt haben. Der Elektrodenverbrauch wurde mir hier für 1 t Fertigerzeugnis mit 1,8 kg Graphitelektroden angegeben. Die Einphasentransformatoren für die Öfen von 150 bzw. 125 bzw. 75 kVA Leistung transformierten den Strom auf die Ofenspannungen von 90 bis 140 V. Die Stromstärken schwankten hierbei zwischen 3400 und 3800 A.

Auch bei der Lumen Bearing Co., Buffalo, sah ich neben Ölfeuerungsöfen und den weniger verbreiteten elektrischen Widerstandsöfen von Baily einen Detroitofen von 450 kg Fassung.

Einzelne Betriebszahlen seien angeführt, die mir zur Verfügung gestellt wurden, s. Zahlentafel 1 bis 3.

Zahlentafel 4 ist aus dem Betriebsbuch eines amerikanischen Werkes, der Kennedy Valve Mfg. Co., Elmira N. Y., entnommen.

Aus obigen Ausführungen ist klar ersichtlich, daß auch für deutsche Verhältnisse drei Vorteile der elektrischen Schmelzverfahren sicher sind:

die Verringerung der Metallverluste, die bei unsrer Armut an Erzlagerstätten besonders wichtig ist,
die Erhöhung der Tageserzeugung,
gesündere Arbeitsbedingungen durch Fortfall von Rauch und Staub.

Die Frage der Schmelzkosten wird von einem genauen Vergleich der örtlichen Strompreise und der Preise der sonst angewendeten Brennstoffe abhängen.

Die Vermeidung der teuern Tiegel beim elektrischen Schmelzverfahren wird hier schwer in die Wagschale fallen. Auch die Lohnfrage wird bei der steten Steigerung unsrer Löhne zu berücksichtigen sein.

Allen Kennern des elektrischen Schmelzverfahrens wird es ohne weiteres einleuchten, daß das Fertigerzeugnis besser und gleichmäßiger sein muß.

Berücksichtigt man ferner, daß auch in Amerika das elektrische Schmelzen von Metallen erst seit etwa einem halben Jahrzehnt praktisch durchgeführt wird, und daß deshalb noch mancher Fortschritt, sei es in dem mechanischen Aufbau der Öfen und in ihrer feuerfesten Auskleidung (Elektrodenregelung usw.) in der nächsten Zukunft zu erwarten ist, so wird man um so mehr ermutigt werden, auch der deutschen Metallindustrie diese Fortschritte dienstbar zu machen.

Zweifellos werden auch unsre deutschen Metallgießereien sich dieser neuen Entwicklung der Technik nicht entziehen und in kurzer Zeit nachholen, woran sie in den Nöten der Kriegs- und Nachkriegszeit verhindert wurden. Sie werden dann auch manches neue Arbeitsgebiet durch die Verbilligung der Erzeugung und die Verbesserung der Güte des Erzeugnisses für den Metallguß erobern können.

[B 870]

Große Dampf-Gleichstrom-Walzenzugmaschine.

Eine Gleichstrom Walzenzugmaschine ungewöhnlicher Abmessungen, die von den Stahlwerken in Youngstown, Ohio, aufgestellt worden ist, dient zum Antrieb einer kontinuierlichen Block-, Schienen- und Blechwalzenstraße, die drei Einzelstraßen mit getrenntem Antrieb ersetzen[1]). Für den Antrieb kam Fremdstrombezug, Strombezug aus einem eigenen Kraftwerk in geringer Entfernung und Dampfbetrieb mit Hilfe der vorhandenen Kesselanlage in Frage. Fremdstrombezug schied wegen der außerordentlich stark, zwischen 400 und 13 400 PS, schwankenden Leistungsaufnahme aus, Eigenstromerzeugung hätte neue Kessel- und Maschinenanlagen erfordert. Als das wirtschaftlichste erwies sich daher Verwendung der vorhandenen Kessel und Dampfmaschinenantrieb, für den wegen des günstigen Dampfverbrauchs bei schwankender Belastung eine Gleichstrom-Dampfmaschine gewählt wurde. Sie wurde innerhalb neun Monate nach der Auftragerteilung durch die Nordberg-Manufacturing Co. betriebfertig aufgestellt.

Die Maschine leistet bei 90 Uml./min normal 7500, höchstens 14 000 PS. Der Zylinderdurchmesser beträgt 1524 mm, der Hub 1680 mm, der Dampfdruck 10,5 at bei geringer Überhitzung. Das Schwungrad hat bei 6,1 mm Dmr. ein Gewicht von 82 t. Die Maschine hat zwei Zylinder, deren Kurbeln um 90° versetzt sind. Jeder Zylinder besteht aus drei Teilen: dem eigentlichen Zylindergußstück sowie den beiden Ventilhauben, die je ein Doppelsitzventil und ein Überdruck-Sicherheitsventil enthalten. Die hintere Kolbenstangenführung ist auf einer 1 m-Schienenbahn fahrbar, so daß die Kolbenstange leicht ausgebaut werden kann, indem sie mit der hinteren Führung nach deren Lösung nach hinten ausgefahren wird. Die vorderen Zylinderdeckel werden durch den Zylinder ausgebaut. Die Exzentersteuerung hat eine besondere Einrichtung erhalten, um den Kompressionsdruck und den Öffnungszeitpunkt der Ventile einregeln zu können. Die Steuerwelle wird nicht unmittelbar, sondern über eine Zwischenwelle von der Kurbelwelle angetrieben. Der Übertragung zwischen den beiden Wellen dient ein Schrägzahnrad-Getriebe; durch eine Längsverschiebung des getriebenen Zahnrades kann die Steuerwelle gegenüber der Kurbelwelle um den erforderlichen Winkel verstellt werden. Die Verdichtung soll bei der vollen Luftleere am Hubende bis auf den Dampfdruck getrieben werden. Fällt die Luftleere, so daß die Verdichtungsendspannung die Dampfspannung übersteigt, so wird der Überdruck durch die selbsttätigen Überdruck-Sicherheitsventile abgeblasen; infolgedessen kann im Zylinder kein höherer Druck als der Dampfdruck auftreten. Der Kolben ist aus Stahlguß hergestellt und wird von der hohlen Kolbenstange von 406 mm äußerem Durchmesser getragen. Die Schmierung sämtlicher Maschinenteile ist als zentrale Druckölschmierung ausgebildet; an der ganzen Maschine befindet sich kein einziges Schmiergefäß. [N 851]

Günther.

[1]) Vergl. „Power" Bd. 62 (1925) S. 122.

Vom Segel- und Kleinflugzeug[1].

Von Dr.-Ing. A. Pröll, Hannover.

Aufgaben des Segelfluges für den Flugverkehr und insonderheit für die Entwicklung des Leichtflugzeuges. Ziele und Verwendungsmöglichkeiten des Leichtflugzeuges. — Der Zugspitzenflug von Botsch 1925 als wichtiges Ereignis in dieser Entwicklung. — Folgerungen für die Ausnutzung der Segelflugerfahrung (Aerologie) im Leichtflugverkehr. Andre Vortriebmöglichkeiten (Schwingenantrieb); ihre Verwertung für wechselnden Segel- und Motorflug, als Zukunftsfrage

Über Wesen und Ziele des Segelfluges ist schon sehr viel berichtet worden, auch in dieser Zeitschrift im Anschluß an die Vorträge auf der Hauptversammlung 1924[2]). Seither sind wieder neue Erfolge erreicht, neue Erfahrungen gesammelt worden, so in der Röhn im August, in Asiago im Oktober 1924 und besonders in diesem Jahre beim dritten Küstensegelflug-Wettbewerb in Rossitten, wo allein 25 Flugzeuge neu gemeldet worden sind.

Wohl manchem, dem diese Häufung von Veranstaltungen auffällt, und der die scheinbar geringen Fortschritte der „Rekorde" allein bewertet, ist der Gedanke gekommen, warum denn immer wieder neue Segelflugzeuge — oft von kaum geändertem Typ — gebaut und geflogen werden und warum überhaupt so großer Wert auf diese Sache gelegt wird? Solche und ähnliche Fragen sind zwar schon oft beantwortet worden, und in Wort und Schrift sind die Zwecke und Ziele des Segelfluges klargelegt worden. Aber es ist doch wohl zweckmäßig, einmal von ganz allgemeinem Standpunkt aus die Berechtigung der Bestrebungen zu beleuchten. Was ist es denn, was wir im Flugwesen anstreben? Es ist der allgemeine Flugverkehr, die Ausnutzung des neuen Verkehrsmittels nicht bloß für einige wenige Bevorzugte, sondern für die Allgemeinheit. Diesem Ziele dienen letzten Endes auch die Ergebnisse und alle Mittel unserer Flugforschung. Wir erhoffen für die Zukunft einen geregelten Luftverkehr von großem Umfang und offen für alle, die auf schnelle Beförderung Wert legen müssen, einen Luftverkehr, der auch jedem mindestens ebenso leicht zugänglich ist, wie heute das Fahren im Kraftwagen. Warum es bisher noch nicht dazu gekommen ist, ist leicht zu erklären. Noch ist die Sicherheit des Luftverkehrs wenigstens in den Augen der meisten Menschen zu gering, und sehr viele würden es nie unternehmen, sich in ein Flugzeug zu setzen. Auch ist nicht zu bestreiten, daß die Regelmäßigkeit und Pünktlichkeit der Flugzeuge noch viel zu wünschen übrig läßt, insbesondere dann, wenn Nebel und schlechtes Wetter hindernd auftreten. Endlich aber ist die Luftfahrt heute noch, von wenigen Ausnahmen abgesehen, ein Vorrecht besonders begüterter Menschen, und ein erstes Erfordernis für den zukünftigen Luftverkehr muß die Verbilligung des Luftweges sein.

In allen diesen Punkten fördernd einzusetzen wird eine der wichtigsten Aufgaben der Segelflugbestrebungen sein müssen, deren Wert auf anderem Gebiete für Sportbetrieb, Schulung und wissenschaftliche Forschung schon oft betont worden ist.

Was die Sicherheit des Fluges betrifft, so fürchtet man — außer Absturz wegen Bruches wichtiger Teile, was bei Verkehrsflugzeugen doch kaum mehr vorkommt — am meisten eine unglückliche Landung. Und in der Tat, die Gefahr einer zu großen Landegeschwindigkeit bei schlechtem Gelände ist nicht gering. Die Aufgabe ist daher, diese Landegeschwindigkeit unbeschadet der sehr erwünschten großen normalen Fluggeschwindigkeit klein zu halten, und gerade diese Aufgabe gestattet das Segelflugzeug gut zu studieren. Denn der Landungsvorgang ist ja nichts anderes als ein Gleitflug mit Verzögerung der Geschwindigkeit. Die Mittel zum Verringern der Landegefahr sind geringe Sinkgeschwindigkeit und kleiner Gleitwinkel, also die gleichen Forderungen, die wir auch bei der Ausbildung unsrer besten Segelflugzeuge zu erfüllen suchen. Freilich gibt es außerdem besondere konstruktive Mittel, wie verstellbare Profile, Schlitzflügel und dergleichen, ja sogar an die Verwendung einer Flettner-Hilfswalze hat man für diesen Zweck gedacht. Bei der geringen Geschwindigkeit der Segelflugzeuge ist aber die Möglichkeit gegeben, mit deren Hilfe diese verschiedenen Mittel verhältnismäßig leicht auszuproben. Versuche dieser Art kommen dann aber besonders dem Leicht-Motorflugzeug zugute.

Das Segelflugzeug hat ja erst die Entwicklung des Leicht-Motorflugzeuges möglich gemacht; es soll nun auch helfen, daß dieses ohne große Vorbereitungen möglichst auf jeder Wiese gefahrlos landen und wieder aufsteigen kann. Dadurch macht sich das Leichtflugzeug unabhängig von den großen Flugplätzen mit ihrer kostspieligen Einrichtung, und die Gefahr einer Notlandung wird nicht mehr so sehr gefürchtet werden.

Das aus dem Segelflugzeug hervorgegangene Leicht-Motorflugzeug ist ganz besonders geeignet, für die Verbilligung und Volkstümlichkeit der Luftfahrt zu werben. Denn so wie heute der Eisenbahnverkehr vielfach schon durch das Kraftfahrzeug ersetzt wird, so wird auch aller Voraussicht nach das Privat-Kleinflugzeug zwar nicht mit der Eisenbahn, aber wohl mit Kraftwagen und Verkehrsflugzeug in Wettbewerb treten. Wer einmal die gleiche Strecke auf staubiger Landstraße bei vielen entgegenkommenden Lastfuhrwerken mit dem Kraftwagen und ein andermal in einem offenen zweisitzigen Flugzeug in nicht allzu großer Höhe zurückgelegt hat, der wird keinen Zweifel hegen, wem der Vorzug zuzuerkennen sei. Das Kleinflugzeug ist auch nicht wesentlich teurer als ein großes Auto von gleicher Geschwindigkeit. Zudem können die Kraftwagen ihre größten Geschwindigkeiten auf unseren meist schlechten Straßen fast niemals ausnutzen. Warum also ist nicht schon längst der Kraftwagen im Geschäftsfernverkehr durch das Flugzeug verdrängt? Die Antwort liegt klar zutage. Es gibt unzählige Kraftwagenführer, aber nur wenige zuverlässige Flieger, und die Gefahr beim Fliegen ist nach landläufiger Meinung noch viel zu groß.

Überlegen wir einmal die Mittel, die diese Hemmungsgründe beseitigen könnten. Vor allem muß die Angst vor einer etwa eintretenden Motorstörung behoben werden dadurch, daß im Falle von Betriebstörungen des Flugzeuges jederzeit und an jedem Ort eine Notlandung gemacht werden kann. Daraus ergibt sich die Forderung nach einer Gelände-(Boden-)Organisation durch Einrichtung, Bezeichnung und Beleuchtnug von möglichst vielen Notlandeplätzen. Man könnte zur Ersparung von Kosten zu diesem Zweck in der Nähe von Ortschaften große Wiesen vorsehen, die normalerweise ihrem bisherigen Zweck nicht entzogen werden, und die nur durch eine auffällige Bezeichnung (Landungskreuz usw.) ihre Eignung dem Flieger sichtbar machen. Statt eines dauernd angestellten Wärters genügt ein kleiner Fernsprechkiosk mit Verbindung nach der nächsten Ortschaft (Ausbesserwerkstätte oder dergleichen). Da wir mit einem Flugzeuggleitwinkel von 1 : 10 rechnen müssen und eine Durchschnittsflughöhe von 400 m bei übersichtlichem Gelände vielleicht nicht überschreiten werden, so müssen solche Landeplätze theoretisch in 8 praktisch in höchstens 4 bis 5 km Abstand voneinander angelegt werden.

Eine weitere wichtige Frage ist die Wahl der **Geschwindigkeit**. Bei Segelflugzeugen kann man etwa mit 12 bis 16 m/s, d. h. 45 bis 60 km/h, rechnen. Dies wäre freilich auch für ein Privatflugzeug zu wenig, da man mit Gegenwinden rechnen muß und zum mindesten eine Reisegeschwindigkeit erreichen möchte, die der eines guten Kraftwagens gleichkommt. Wenn wir annehmen, daß bei stärkeren Gegenwinden als etwa 12 m/s nicht geflogen wird, daß aber selbst bei dieser Stärke eine 90 km-Geschwindigkeit eingehalten werden soll, so ergeben sich als annehmbar für den Wagerechtflug etwa 110 km/h. Dies wäre die geringste **Höchst**geschwindigkeit, die untere Grenze ist durch die zugelassene Landegeschwindigkeit bedingt. Sie kann sicher auf etwa 50 km/h heruntergebracht werden.

[1] Erweiterte Bearbeitung eines auf dem Flugzeugtag der Hannoverschen Hochschulgemeinschaft am 18. April 1925 gehaltenen Vortrages.

[2] A. Pröll, Wissenschaftliche Grundlagen und Aussichten des motorlosen Fluges, Z. Bd. 68 (1924) S. 557

Für ein Leichtflugzeug für zwei Personen von etwa 360 kg Gesamtgewicht, 10 kg/m² Flächenbelastung und günstigsten Widerstandsverhältnissen $\left(\text{Gleitwinkel} \sim \frac{1}{10}\right)$ sind dann der erforderliche Widerstand und die motorische Leistung bei 30 m/s Geschwindigkeit

$$W = 36 \text{ kg und } N = \frac{36 \cdot 30}{75} \sim 14{,}5 \text{ PS}.$$

Auch für den Start mit 12 m/s und größtem Anstellwinkel genügt diese Antriebleistung, aber wegen des Schraubenwirkungsgrades von höchstens 60 vH ist ein 25 PS-Motor für Dauerleistungen eine unumgängliche Mindestforderung.

Aus Sicherheitsgründen, vor allem aber zur Schonung des Motors, wird man immer eine größere Leistung einbauen und für gewöhnlich mit verringerter Drehzahl bei gedrosseltem Motor fliegen. Es wird sich für unsere Leichtflugzeuge dann um 30 bis 40 PS-Motoren handeln.

Aber freilich auch der Motor ist noch das Schmerzenskind unserer deutschen Kleinflugzeuge. In dem Bereich bis zu 40 PS fehlt es uns noch an wirklich brauchbaren, betriebsicheren Motoren, und wir sind da leider fast ganz auf die ausländischen — besonders englischen — Bauarten angewiesen. Das zeigte sich auch bei den Meldungen für den im Frühjahr abgehaltenen B.-Z.-Wettbewerb der Lüfte. Von 29 gemeldeten Flugzeugen der Klasse A (Flugzeuge bis 40 PS) hatten nur zwölf deutsche Motoren, während in den nächsten beiden Klassen (60 bis 120 PS) von den 57 gemeldeten Maschinen fünfzig deutsche Motoren hatten. Hoffen wir, daß unsere hier so beschämend in Erscheinung getretene Rückständigkeit gerade durch den B.-Z.-Flug einer Wendung zum Besseren Platz machen wird.

Für das Leichtmotorflugzeug vielleicht am wichtigsten sind aber die Bestrebungen, seine Segelflugmöglichkeiten auszunützen. Damit komme ich auf ein sehr erfreuliches flugsportliches Ereignis dieses Jahres zu sprechen, auf den Zugspitzenflug am 31. Januar 1925, an dem zwölf Flugzeuge der verschiedensten Art teilgenommen und den Flug von München zur Zugspitze und um diese herum bis zur Landung in Garmisch mit einer Ausnahme anstandlos in 1¼ bis 2 h erledigt haben. Diese Veranstaltung war besonders bemerkenswert durch die Glanzleistung des Darmstädter Fliegers Botsch, der mit seinem kleinen Eindecker, Abb. 1, von 11 m Spannweite und 15 kg/m² Flächenbelastung mit einem englischen 14,5 PS-Motor den ersten Preis davontrug. Dies war ganz offensichtlich ein Gewinn seiner Segelflugerfahrung, denn Botsch flog in der Ebene tief mit „Vollgas", ließ sich aber über den Wäldern und besonders in der Nähe der Berge von dem jeweils günstigsten Aufwind bei abgestelltem Motor hoch bringen. Zufolge seiner reichen Erfahrung kannte Botsch schon von vornherein — sozusagen instinktiv — die Gegender, wo Hang- und thermische Aufwinde in genügender Stärke vorhanden waren, und suchte sie auf. Die Höhenlinie *a* seines Fluges, Abb. 2, zeigt daher gegenüber der sonst bekannten *b* einen ganz ungewöhnlichen Verlauf. Die fast fahrstuhlartigen Aufstiegstellen (+) sind auf die Einwirkung solcher Aufwinde zurückzuführen, die aber im Gegensatz zu früher auch wohl zufällig angetroffenen Senkrechtböen ganz planmäßig ausgenützt worden sind.

In einer solchen aerologischen Schulung des guten Segelfliegers ist ein für die zukünftige Entwicklung des Leichtflugzeuges sehr wichtiger Umstand zu erblicken. Denn natürlich könnte die fast ohne motorischen Leistungsaufwand und daher auch ohne nennenswerten Benzinverbrauch[1]) gewonnene Flughöhe durch flachen Gleitflug in 12- bis 18mal so weite Flugstrecke umgesetzt werden, und dies wäre tatsächlich der Ansatz zum fast motorlosen Streckenflug. Wir müßten natürlich noch viele Flieger besitzen, die in immer wieder geübten ähnlichen Flügen sich eine gleiche und stets wachsende Kenntnis der Wind- und Luftströmungen aneigneten. Damit würde auch die Wissenschaft der Aerologie dauernd bereichert. Und wir müßten Segelflugzeuge haben, die zwar nicht ganz motorlos sind,

[1]) Botsch verbrauchte für die 120 km lange Flugstrecke München-Zugspitze bei 3500 m erreichter Höhe etwa 2½ kg Benzin.

Abb. 1. Leichtflugzeug mit 14,5 PS-Motor von 11 m Spannweite und 15 kg/m² Flächenbelastung, mit dem der Darmstädter Flieger Botsch beim Zugspitzenflug am 31. Januar 1925 den ersten Preis davontrug.

aber doch durch einen leichten Hilfsmotor in die Region der Aufwinde gebracht werden könnten.

Aber freilich, hier fehlt es auch an dem organischen Zusammenbau von Motor, Propeller und Flugzeug, organisch in dem Sinne, daß der Antriebmechanismus die hervorgehobenen guten Segeleigenschaften nicht stört.

Daneben kann man sich bei diesem Anlaß auch fragen, ob die ganze bisherige Richtung der Fliegerei wirklich die einzig mögliche ist, oder ob es nicht auch andere Lösungen der Flugfrage gibt, die noch kaum versucht worden sind. Sollten neue Wege auch neue Vorteile für besondere Zwecke mit sich bringen, so wird man ihnen die Berechtigung nicht absprechen dürfen, zum mindesten verlohnt es sich, die hier liegenden Möglichkeiten zu prüfen.

Unseren Flugzeugen haftet bei allen ihren Vorzügen der große Nachteil an, daß die Geschwindigkeit ihr Lebenselement ist, ohne die sie nicht bestehen können. So erwünscht die große Geschwindigkeit im allgemeinen im Flug ist, so unbequem kann sie werden, wenn es sich um beschauliches Reisen, um Aufklärung von Einzelheiten in der Landschaft handelt, und so störend und gefährlich ist sie bei Anflug und Landung, wenn nicht große freie Flugplätze zur Verfügung stehen.

Es ist schon oben davon gesprochen worden, daß die heutige Flugtechnik über Mittel verfügt, die verlangte hohe Geschwindigkeit des normalen Fluges für solche besondere Zwecke wie auch für die Landung recht wesentlich herabzusetzen. Faltbare Flügel, verstellbare und Schlitzprofile sind dazu geeignet; einen besonders aussichtsreichen Weg scheint auch der Spanier La Cierva mit den Drehflügeln seines „Autogiros" beschritten zu haben.

Entschließt man sich aber schon einmal, an einer der besten Eigenschaften des Drachenflugzeuges, seinen starren und unbewegten Tragflächen zu rütteln, so liegt der weitere Schritt zu beweglichen Flügeln und damit zum Schraubenflugzeug oder gar zum Schwingenflugzeug nicht mehr so ferne; dann hätte man sogar — wenigstens beim Schraubenflugzeug — den großen Vorzug gewonnen, sogleich vom Platze weg senkrecht aufsteigen und ebenso an jeder beliebigen Stelle landen oder über einem Punkte schweben zu können.

Mit dem Schwingenflugzeug würde auch die vorhin angeschnittene Frage des Hilfsmotors gelöst werden, wobei sich dann der Vortriebmechanismus (Flügelenden als Schwingenpropeller ausgeführt) dem Segelflugzeug organischer anpassen würde als der Schraubenpropeller. Ein abwechselnder Segel- und Motorflug (wie der von

Abb. 2. Flughöhenlinien.
a Flug des Kleinflugzeuges, Abb. 1,
b „ eines gewöhnlichen Flugzeuges.

Botsch) würde dadurch allgemein ebenfalls ermöglicht werden, wenn man etwa durch einen dauernd im Betriebe befindlichen verhältnismäßig sehr schwachen und kleinen Motor eine Arbeitspeicherung mit Hilfe irgendeines energieübertragenden Mittels (Druckluft) vorsähe. Es könnte dann für kurze Zeit eine sehr viel größere Energiemenge dem eigentlichen Schwingenantrieb zugeführt werden. Dies könnte aber ein einfacher unmittelbarer Kolbenantrieb sein; denn der Schwingenpropeller braucht ja nur geringe Geschwindigkeit und müßte daher bei unmittelbarem Antrieb durch einen gewöhnlichen Benzinmotor ein umständliches und schweres Übersetzungsgetriebe haben. Ein weiterer Vorteil wäre die dauernde und sofortige Anlaßbereitschaft ohne Schwierigkeit für den Flieger (hier z. B. würde etwa die Öffnung eines Ventiles genügen).

Selbstverständlich bestehen, vorläufig wenigstens noch, sehr schwerwiegende Bedenken gegen den Antrieb durch Schwingen und Schlagflügel, und es müßten erst neue, ganz andere Bauarten und Bauelemente sowie Baustoffe für die Flügel gefunden werden. Gerade die starre unbewegte Tragfläche ist ja der besondere konstruktive Vorteil der heutigen Flugzeugbauart, und jede Beweglichkeit, elastische Lagerung der Flügel usw. erhöht die Verwicklung des Baues und vermehrt die Gefahrmöglichkeiten. Vor allen Dingen aber sind die zum Antrieb verwendeten Flügel starken zusätzlichen Luft- und Massenkräften unterworfen, denen die Festigkeit der Konstruktion nur sehr schwer angepaßt werden kann, wenn man eine vernünftige Sicherheit einhalten will. Modellflugzeuge, die mit Schwingenantrieb geflogen sind, beweisen in dieser Beziehung garnichts, weil bekanntlich mit dem Anwachsen der Abmessungen die Gewichte und die Massenkräfte in einem viel stärkeren Verhältnis zunehmen als Querschnitte und Bausicherheiten.

Abgesehen davon besteht noch die Frage, ob die erhofften Wirkungen in genügendem Maß überhaupt erreicht werden können. Immerhin sind die hier auftauchenden Fragen aerodynamischer, mechanischer und festigkeitstechnischer Art so eigenartig und anregend, daß es wohl verständlich ist, wenn ihnen auch von wissenschaftlicher Seite stets wieder neue Bearbeitungen gewidmet werden.

So hat vor einiger Zeit Dr. Birnbaum es unternommen, das Problem des schlagenden Flügels mit den modernen aerodynamischen Hilfsmitteln zu bearbeiten, allerdings zunächst nur für einen möglichst einfachen Fall, den eines ebenen, elastisch gelagerten, auf- und abbewegten und drehbaren Flügels[1]). Seine Entwicklungen laufen, kurz gesagt, darauf hinaus, die Auftrieb- und Widerstandverhältnisse unter Berücksichtigung der beim Schlag entstehenden freien Wirbel für den periodischen Schlag- und Drehvorgang auszurechnen. Die Ergebnisse, die zunächst nur für den unendlich langen Flügel gelten (das ebene Problem), zeigen, wie zu erwarten war, periodische Schwankungen dieser Größen und unter bestimmten Umständen negative Werte des Widerstandbeiwertes c_w — also statt des Widerstandes Vortrieb. Sie erklären damit die Möglichkeit des Schlagflügelpropellers.

Bei aller Anerkennung der Arbeit von Dr. Birnbaum muß jedoch betont werden, daß für die hier hauptsächlich wichtige, oben aufgeworfene Frage erst der Anfang einer analytischen Lösung gegeben ist. Zur praktischen Verwertung bedarf es noch ebenso der Befragung der Natur durch den planmäßigen Modellversuch, wie dies auch bei den gewöhnlichen Flügeln der Fall ist. Auch bei diesen gibt die aerodynamische Theorie (nach Kutta-Joukowsky) wohl die Erklärung für den Antrieb unter gewissen vereinfachenden Annahmen. Wenn auch diese Theorie durch manche schöne Ergebnisse bestätigt wurde, so ist man doch für die praktische Berechnung von Flugzeugen genötigt, auf die Ergebnisse der Versuchsanstalten zurückzugreifen, wobei die bekannten einfachsten Formeln für Auftrieb und Widerstand die ganze rechnerische Grundlage bilden. In den Beiwerten c_a und c_w stecken dann freilich auch die ganzen aerodynamischen Feinheiten des Problems.

[1]) W. Birnbaum: Das ebene Problem des elastisch gelagerten schlagenden Flügels Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt. Bd. 15 (1924) S. 128; s. a. Z. f. ang. Math. und Mechanik. Bd. 3, (1923). S. 290.

In ähnlicher Weise müßte es nun auch möglich sein, für die Frage des schlagenden Flügels eine eigne planmäßige Berechnung aus Modellversuchen aufzustellen. In der Tat sind Versuche und Ansätze nach dieser Richtung hin schon vorhanden.

Als Ergebnis aller dieser Untersuchungen kann die Möglichkeit einer Leistungsausnützung für den Vortrieb von etwa 1,8 kg/PS in Aussicht gestellt werden, bei sehr großen Flügeln und hoher Fluggeschwindigkeit. Das ist freilich wenig gegenüber 5 bis 7 kg/PS beim Schraubenpropeller.

Es könnten also fürs erste wohl nur Rücksichten auf den oben gekennzeichneten besonderen Verwendungszweck sein, die den Gedanken an den Schwingenpropeller trotz seiner schlechten Wirkungsweise immer wieder nähren.

Beim Überblick über die verschiedenen hier besprochenen Fragen erstaunen wir vor der Fülle von Aufgaben, die sich zum Teil noch in den ersten Ansätzen befinden, zum andern Teil auf erfolgversprechendem Wege der Lösung entgegenschreiten.

Fast überall aber ist es das motorlose und das aus ihm entstandene leichtmotorige Flugzeug, das als Pionier der Zukunftsfliegerei angesehen werden muß. Schon jetzt hat der Segelflugwettbewerb in Rossitten viele neue Anregungen gegeben, besonders durch die vielen und gut durchgeführten Meßflüge, die in wissenschaftlicher Hinsicht sicherlich eine große Ausbeute ergeben werden. Außerdem sind unsere Segelflugversuche auch die hohe Schule der wissenschaftlichen Fliegerei; denn sie ermöglichen das eingehende Studium der Aufwindzonen, der Erforschung des thermischen und Reibungsaufwindes und werden mit dem erhofften Hilfsmotor später noch viel bessere Erfolge erreichen. Dazu liefern sie uns durch andauernde Schulung einen Stamm tüchtiger aerologisch ausgebildeter Segelflieger, aus deren Mitte stets wieder besonders befähigte Männer durch neue Spitzenleistungen den Durchschnitt heben werden.

Alles Gesagte muß uns eine eindringliche Mahnung dafür sein, die Segelfliegerei nicht als vorübergehende Erscheinung oder wohl gar als überlebt anzusehen. Wir erkennen in ihr vielmehr eine groß angelegte technische Versuchsmöglichkeit mit planmäßig verfolgten, weitgesteckten Zielen, deren endgültiger Erfolg gar nicht zweifelhaft sein kann. [B 625]

Beobachtungen bei der Brinellprüfung.

Der Durchmesser des bei der Härteprüfung nach Brinell entstehenden Kugeleindruckes ist eine Maßzahl für die Härte des Werkstoffes, die aus der von Brinell selbst mitgeteilten Tafel entnommen werden kann. Selbstverständliche Voraussetzung bei Aufstellung dieser Tafel war die regelrechte Kugelform des Kugeleindruckes sowie die Kreisform der Schnittlinie des Kugeleindruckes mit der Werkstoffoberfläche. Bei gewissen Stoffen, wie z. B. bei Flußstahl und Messing, zeigen sich jedoch hier und da Unregelmäßigkeiten in der Kreislinie, die nicht durch Ungenauigkeiten in der Versuchsausführung erklärt werden können. Bei der Härteprüfung einer besonders grobkörnigen Probe aus Siliziumstahl[1]) zeigte der Eindruck der 5 mm-Kugel in die Fläche der einzelnen Körner einen eckigen Umriß. Die Erscheinung erinnert ausgesprochen an die sogenannten Ätzfiguren auf Kristallschnitten, nur daß es sich hier nicht um den Widerstand gegen chemischen, sondern um Widerstand gegen mechanischen Eingriff handelt. Die Druckfigur zeigt ebenso deutlich wie die Ätzfiguren das verschiedene Verhalten des Stoffes nach den verschiedenen Achsen, das Kennzeichen seiner kristallinischen Struktur. Gegenüber der Anwendung des Ätzverfahrens als Prüfmittel hat das Eindrückverfahren den Vorzug großer Einfachheit. An Stelle des sorgfältigst polierten Schliffes genügt eine leichter herzustellende ebene Fläche; die Eindrücke selbst sind von makroskopischer Größenordnung.

Die Härteprüfung nach Brinell wird bei unsern technischen Werkstoffen, die durchweg kristallinischen Aufbau zeigen, nur dann völlige Kreisformen ergeben, wenn die Kristallite, aus denen der Werkstoff aufgebaut ist, so klein sind, daß wir die Prüfkugel in ein in seiner Gesamtheit richtungsloses Haufwerk eindrücken. Bei grobkristallinischen Stoffen zeigt sich die regelrechte Viereckform des Kugeleindruckes nur bei Schnittflächen senkrecht zur Reckrichtung des Stoffes. [N 363] Pr.

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 343

RUNDSCHAU.

Kraftfahrwesen.

Ausstellung von Lastkraftwagen in London.

Die Lastkraftwagen-Ausstellung in London umfaßte motorische Nutzfahrzeuge für die Straße vom kleinsten Lieferwagen bis zum 10 t-Lastkraftwagen, ferner alle Arten von Omnibussen und Sonderwagen für städtische Verwaltungen. Im allgemeinen Aufbau des gewöhnlichen Lastwagens besteht zwischen deutschen und englischen Bauarten kein Unterschied. Die Rahmenträger sind gerade und hoch über den Achsen durchgeführt, Motor und Getriebe liegen für sich zwischen starken Querträgern. Nur in der Ausführung der einzelnen Teile weicht die englische Bauart ab. Der wirtschaftlich arbeitende Motor mit hängenden Ventilen, der gerade für den langsam laufenden Lastwagenmotor Bedeutung hat, fehlt in England bis auf drei oder vier Ausführungen vollständig. Ganz anders ist ferner die Bauart der Hinterachse. Die Doppelübersetzung mit Kegelrad- und Stirnradgetriebe, die sich in Deutschland fast allgemein eingeführt hat, ist in England unbekannt. An ihre Stelle tritt der Schneckenantrieb, den dort die Firma Brown zu großer Vollkommenheit entwickelt hat. In Verbindung mit gepreßten oder aus Stahl geschmiedeten Achsgehäusen läßt sich der Schneckenantrieb so durchführen, daß die Lagerungen aller Antriebteile von den Biegungsbeanspruchungen der Achse frei bleiben. Für Leichtlastwagen bis rd. 1.5 t Tragkraft baut man Motor und Getriebe eines gewöhnlichen mittelstarken Personenwagens in einen verlängerten, stärkeren Rahmen mit Schneckenachse ein.

Wirklich sehenswert waren die Nutzwagen für Personenbeförderung. Sie werden ganz nach der Art von Personenwagen gebaut, und alle Einzelheiten, die zur Verminderung von Geräusch, zur Verbesserung der Federung und zur Erhöhung der Verkehrsgeschwindigkeit beitragen, findet man hier in entsprechend größeren Abmessungen wieder. Omnibusse ohne Vierradbremsung, Servo-Motor, mechanische oder hydraulische Bremse waren überhaupt nicht mehr zu sehen.

Viele Doppeldeck-Omnibusse mit vollständig geschlossenem Oberteil zeigen, daß die amerikanischen Gedanken in England Eingang gefunden haben. Die größte Beachtung fand der 50 PS-Bristolwagen, dessen Fahrgestell bei einer Tragfähigkeit bis zu 60 Personen nur 3 t wiegt. Man kann diese Bauart nicht mehr als Lastwagen ansehen, weil der Wagen bis in alle Einzelheiten nach den Erfahrungen des Personenwagenbaues hergestellt ist. Die Längsträger aus Nickelstahlblech sind nur 4,76 mm dick und in der Mitte 254 mm hoch. Die Federung ist bei jeder Belastung gleich weich. Der Motor liegt etwas schräg im Rahmen, so daß bei der mittleren Belastung von der Kurbelwelle bis zur Antriebschnecke unterhalb der Hinterachse eine Gerade führt. Die Lenkung ist rechts neben dem Motor am vordersten Ende des Rahmens angebracht, der Führer sitzt neben dem Zylinderblock. Zum Befestigen des Wagenkastens dienen auf jeder Seite des Längsträgers vier federnde Bolzen, an denen der Kasten hängt. Dadurch werden die Erschütterungen der Maschine vom Aufbau und den Fahrgästen ferngehalten. Von der Schaltung führt zum Getriebe, das etwa in der halben Länge des Rahmens liegt, eine Gelenkwelle.

Die Platzfrage steht, wie bei jedem Wagen, auch beim Bristolwagen an erster Stelle; die linke Seite neben dem Motor wird bereits für Sitzplätze ausgenutzt und der Motor mit in den Wagenkasten verlegt. Dadurch entstehen Formen, die vollständig geschlossen wie elektrische Bahnen wirken; nur an dem Kühler in der Mitte der Vorderwand kann man noch den benzinmotorischen Antrieb des Fahrzeuges erkennen.

Ihr eigenartiges Gepräge erhielt die Londoner Ausstellung durch die große Anzahl von Dampfkraftwagen. In England wird die zulässige Höchstgrenze des Wagengewichtes nicht durch das Gesamtgewicht, sondern durch die Achsbelastung bestimmt. Die übermäßig schweren Gestelle der Dampfkraftwagen können daher ohne Verminderung der Nutzlast so gebaut werden, daß das hohe Gewicht des Kessels und des Wasservorrats im wesentlichen die Vorderachse belastet. In Deutschland sind dagegen Dampflastwagen, deren Fahrgestell bei 5 t Nutzlast 6 t wiegt, unmöglich. Die Bauart der Dampfkraftwagen hat man mit der Zeit genau wie beim Benzinkraftwagen vereinheitlicht. Der Kessel wird stehend als Wasserrohrkessel gebaut. Ein innerer Mantel wird von Kesselrohren durchzogen;/ um ihn schließt sich ein leicht abnehmbarer äußerer Mantel. Der Raum zwischen beiden bildet den Wasserbehälter. Die Feuergase ziehen durch den Innenmantel ab und überhitzen den Dampf in einer Rohrschlange, die unterhalb des Schornsteins über den Wasserrohren liegt. Die Antriebmaschine wird im allgemeinen zweizylindrig mit einfacher Schiebersteuerung ausgeführt; sie liegt wagerecht etwa in der Mitte des Fahrgestells und treibt von der Kurbelwelle mittels einer starken Rollenkette die Hinterachse an. Diese ist eine durchlaufende, in den Federbefestigungen durch gewöhnliche Bronzeschalen gelagerte Welle, mit der ein Triebrad und ein Seitenrad des Ausgleichgetriebes fest verbunden sind. Das zweite Seitenrad und das andre Hinterrad sitzen auf einem Rohr, das auf der andern Seite über die Hinterachse geschoben ist. Das Antriebkettenrad sitzt auf dem Gehäuse des Ausgleichgetriebes. Beim Sentinel-Dampfwagen ist das Ausgleichgetriebe von der Hinterachse weg in die Kurbelwelle eingefügt, die zu diesem Zweck zwischen beiden Zylindern geteilt ist. Die beiden Hinterräder laufen lose auf einer feststehenden Hinterachse und werden von jeder Seite der Kurbelwelle durch je eine entsprechend leichtere Rollenkette angetrieben. Atkinson verwendet als einziger eine Gleichstrom-Dampfmaschine mit Kugelventilsteuerung, womit bessere Dampfausnutzung erzielt werden soll.

Vorteile der Dampflastwagen sind besonders die Einfachheit des Antriebes und die Regelmäßigkeit des Drehmomentes. Trotz schlechter wärmetechnischer Ausnutzung des Brennstoffes ist der Betrieb von Dampfwagen besonders auf weiten Strecken billiger, da billigste Kohle verbrannt werden kann. Im Stadtbetrieb mit häufigem Halten und Anfahren macht die Unmöglichkeit, die Kohlenfeuerung fein zu regeln, den Dampfwagen unbrauchbar, weil bei jedem Stillstand der Druck im Kessel über das zulässige Maß steigt und Dampf durch das Sicherheitsventil abbläst.

Benzinelektrische Wagen werden in England von zwei Fabriken gebaut; Tilling-Stevens liefern einen erheblichen Teil der in London fahrenden Omnibusse dieser Art. Sie fahren zwar weich und sehr geräuschlos an, sind aber wegen der schweren Dynamo und des ebenso großen Antriebmotors um so viel schwerer, daß sie aus diesem Grund ebenso wie die Dampfwagen für Deutschland nicht in Frage kommen.

Ein großes Gebiet nahmen die Fahrzeuge für den städtischen Verwaltungsdienst ein. Sprengwagen, Straßenreinigungsmaschinen, Straßenwalzen mit benzinelektrischem Antrieb und besonders Feuerwehrfahrzeuge werden in allen Größen und in teilweise sehr eigenartiger Ausführung gebaut. In der Massengutbeförderung ist jedoch die englische Industrie nicht auf der gleichen Höhe wie die deutsche. Die Kippaufbauten sind zum großen Teile für Handbetrieb eingerichtet. Durch Druckwasser oder vom Motor bewegte mechanische Kippvorrichtungen stellen fast nur amerikanische oder festländische Firmen her.

Die Preise der englischen Lastwagen liegen beträchtlich über den deutschen. 22 000 bis 25 000 ℳ für einen Wagen von 4 bis 5 t sind keine Seltenheit. Aber auch die amerikanische Industrie kann die englischen Preise nur im Gebiet bis etwa 1,5 t Tragkraft unterbieten, wo sie die Hauptbestandteile der Massenerzeugung von Personenwagen entnehmen kann; denn den schweren Lastwagen baut man auch in Amerika in kleinen Reihen. Die deutsche Lastwagenindustrie ist daher in Konstruktion und im Preis überlegen, und die Ausfuhr deutscher Lastkraftwagen bietet sicher mehr Aussichten als die von Personenwagen. Im neutralen Ausland ohne eigene Industrie, wo kein nationales Gefühl der Einfuhr entgegensteht, wird schon heute der deutsche Lastwagen bevorzugt. [N 1101] Dipl.-Ing. P. Friedmann.

Wasserkraftmaschinen.

Spiral-Turbinen mit stehender Welle.

Die in den letzten Jahren erreichte hohe Schnelläufigkeit der Wasserturbinen hat in weit höherem Maß als vorher die unmittelbare Kupplung von Stromerzeugern und Turbinen möglich gemacht. Insbesondere ist sie auch durch die Tatsache, daß man bereits mit Einradturbinen genügend hohe Drehzahlen erreichen kann, die Ursache für eine ausgedehntere Verwendung der Spiralturbinen mit stehender Welle geworden.

Die Turbine mit stehender Welle hat ja gegenüber der mit liegender Welle eine Reihe unleugbarer Vorzüge. Zunächst ergibt der Ersatz des unmittelbar an das Laufrad anschließenden Saugkrümmers durch ein gerades oder erst in der Zone geringerer Geschwindigkeiten gekrümmtes Saugrohr wesentlich günstigere Strömungsverhältnisse bei der Abführung des Wassers und läßt dadurch höhere Wirkungsgrade erreichen. Außerdem kann man ohne Schwierigkeit und Rücksicht auf den hochwasserfreien Stand der Stromerzeuger die Turbine in diejenige Höhenlage über den Unterwasserspiegel setzen, die hinsichtlich der Saughöhe am günstigsten ist. Dadurch werden alle die Gefahren zu großer Saughöhe, wie Hohlraumbildungen und die ihnen folgenden Anfressungen vermindert oder vermieden[1]). Bei unmittelbarer Kupplung von Turbine mit Stromerzeuger ist auch der Platzbedarf geringer als bei Anordnung mit liegender Welle.

---

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 911

Abb. 1. Spiralturbine mit stehender Welle für das Kraftwerk Camarasa in Spanien, für 22300 PS Leistung, 78 m Gefälle bei 26,3 m³/s Schluckfähigkeit und 375 Uml./min.

Abb. 2. Spiralturbine von J. M. Voith mit stehender Welle und unmittelbar gekuppeltem Stromerzeuger mit 8 PS Leistung, 200 l/s Schluckfähigkeit bei 1000 Uml./min und 3,8 m Gefälle

Die häufige Ausführung solcher Turbinen in Amerika wird durch den Umstand gefördert, daß die Elektrizitätsfirmen Schirmdynamos zu ähnlichen Preisen liefern wie Stromerzeuger mit liegender Welle. In Deutschland ist dies leider noch nicht der Fall. Hier bedingen die Schirmdynamos noch einen wesentlichen Aufschlag gegenüber normaler Ausführung. Trotzdem wird die stehende Anordnung immer mehr bevorzugt.

Die Maschinenfabriken J. M. Voith, Heidenheim a. d. Brenz und St. Pölten, Niederösterreich, haben bereits eine Reihe bemerkenswerter Anlagen mit Spiralturbinen ausgerüstet. Hier sind zunächst die beiden Turbinen für das Großkraftwerk Partenstein in Oberösterreich zu erwähnen[1]). Sie haben bei 155 m Gefäll eine normale Leistung von je 12 700 PS, die sich beim Höchstgefälle von 178,7 m auf 15 400 PS steigert. Bemerkenswert ist, daß die Turbinen zwecks Ausnutzung des unterhalb des Krafthauses noch vorhandenen Gefälles von 17 m in 23 m tiefen Schächten stehen. Dadurch sind 17 m lange Wellen notwendig geworden. Trotz dieser außerordentlichen Länge und der verhältnismäßig hohen Drehzahl von 600 Uml./min ist es gelungen, Schwingungen der Welle zu vermeiden. Ebenso haben sich die Segmentspurlager (Mitchell-Lager), die je eine Last von 60 000 kg aufzunehmen haben, vollkommen bewährt.

Neben den Turbinen für Partenstein[2]) sind die beiden für das vierte Kraftwerk Omine der Ujigawa Electric Co. gelieferten Spiralturbinen mit stehender Welle durch ihre räumliche Größe bemerkenswert, die auf die Menge des zu verarbeitenden Wassers zurückzuführen ist (je 55 m³/s Schluckfähigkeit und 12 500 PS Leistung bei 21,3 m Gefälle). Das Spiralgehäuse hat eine größte Diagonale von 12 m und 4,1 m lichten Einlaufdurchmesser.

Eine weitere durch ihre Größe bemerkenswerte Turbine dieser Art ist die für das Kraftwerk Camarasa der Riegos y Fuerza del Ebro, S. A., in Spanien. Die Turbine, Abb. 1, ist für ein Gefälle von 78 m gebaut und leistet bei 26,3 m³/s Wasserverbrauch und 375 Uml./min 22 300 PS. Das Spiralgehäuse, dessen Einlaufdurchmesser 1900 mm beträgt, ist wie die der Omine-Turbinen aus Blechplatten genietet, besteht aber mit Rücksicht auf Beförderungsschwierigkeiten aus zwei Teilen, die in der Werkstatt völlig fertiggestellt und miteinander verschraubt abgedrückt wurden, während die Gehäuse für die Omine-Turbinen in einzelnen, fertig gebogenen Blechplatten zum Versand kamen und erst an Ort und Stelle zusammengenietet wurden.

Natürlich werden Francis-Spiralturbinen mit senkrechter Welle vielfach auch für mittlere Gefälle und Leistungen ausgeführt. Beispiele sind die Turbinen für das Egerkraftwerk Hirschsprung für 1590 PS, 500 Uml./min, 30 m Gefälle, 4,95 m³/s Wassermenge oder 1750 PS bei 32 m Gefälle, sowie für die Tinfos-Papierfabrik in Notodden (Norwegen), die 4800 PS bei 300 Uml./min, 28,5 m Gefäll und 14,85 m³/s Wassermenge leistet.

Gerade bei diesen Turbinen für mittlere Gefälle zeigt sich der Wert einer tieferen Aufstellung ganz besonders. Bei der hohen Schnelläufigkeit der Laufräder ist die Energie des Wassers beim Austritt aus dem Laufrad verhältnismäßig groß. Wenn im Saugrohr ein genügender Rückgewinn erzielt werden soll, so darf die Saughöhe in den vorliegenden Fällen höchstens zu 3 m gewählt werden. Diese geringe Saughöhe ließ sich bei den Turbinen für Hirschsprung und Tinfos auch erreichen, während sie bei Turbinen mit liegender Welle gar nicht möglich wäre. Zum Beispiel mußten die im Egerkraftwerk Hirschsprung bereits vorhandenen drei Einfachspiralturbinen mit liegender Welle aus örtlichen Gründen eine Saughöhe von 6 bis 7 m erhalten.

Die Vorzüge der Spiralturbine mit stehender Welle haben die Maschinenfabrik J. M. Voith veranlaßt, auch ihre Francis-Kleinturbinen in dieser Ausführung zu bauen. Abb. 2 zeigt eine Spiralturbine mit stehender Welle und unmittelbar gekuppeltem Stromerzeuger. Zu der günstigen Wasserführung, die in der senkrechten Anordnung durch Vermeidung aller unnötigen Krümmungen gegeben ist, tritt die Beschränkung der mechanischen Verluste auf ein Mindestmaß, da nur die Dynamolager vorhanden sind. Das Laufrad sitzt unmittelbar auf der Dynamowelle, die durch eine einfache Wasserstopfbüchse abgedichtet ist. Reinigung des Laufrades ist leicht möglich, da es sehr schnell und auf einfache Weise ausgebaut werden kann.

Diese Kleinturbinen haben Drehschaufeln mit Handregelung, so daß eine Anpassung des Wasserverbrauchs an die zufließende Wassermenge und die erforderliche Leistung leicht möglich ist. Die Kupplung mit einer entsprechend gewickelten Gleichstromdynamo, die bei beliebigen Drehzahlen praktisch gleichbleibende Spannung abgibt, erübrigt den Einbau eines selbsttätigen Geschwindigkeitsreglers, der sonst einen sehr teuren Teil einer Anlage darstellt. Der abgebildete Maschinensatz arbeitet unter einem Gefälle von 3,8 m mit 8 PS bei 1000 Uml./min und verbraucht dabei 200 l/s Wasser. Die bisher kleinste Ausführung einer solchen Spiral-Kleinturbine zeigt Abb. 3; sie leistet rd. 1,3 PS bei 1850 Uml./min, 3,6 m Gefäll und 35 l/s Wasserverbrauch.

Heidenheim a. Brenz. [M 750] Dr. Pflieger-Haertel.

[1]) Ein ausführlicher Aufsatz über diese Turbinen erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.

[2]) s. Z. Bd. 68 (1924) S. 377 und „Deutsche Wasserwirtschaft" Bd. 19 (1924) S. 260.

Abb. 3. Spiral-Kleinturbine mit stehender Welle für 1,3 PS Leistung, 35 l/s Schluckfähigkeit bei 3,6 m Gefälle und 1850 Uml./min.

Werkstoffprüfung.

Kerbschlagversuch und Blausprödigkeit.

Obgleich der Kerbschlagversuch im letzten Jahrzehnt als Prüfverfahren in steigendem Maß Anwendung gefunden hat, bietet er mit seinen verwickelten Erscheinungen noch manche ungelöste Frage. Das Ergebnis zahlreicher Versuche[1]), die in der Versuchsanstalt von Fried. Krupp, A.-G., Essen, ausgeführt wurden, erklärt den Einfluß, den die Versuchsbedingungen und die Vorbehandlung des Werkstoffes auf die Kerbzähigkeit von weichen und von perlitischen Stählen ausüben. Diese Darstellung, die einige scheinbare Widersprüche zwischen früheren Ergebnissen verständlich macht, geht aus von der Abhängigkeit der Kerbzähigkeit von der Versuchstemperatur, wie sie durch die ausgezogene, schematische Kurve, Abb. 4, wiedergegeben wird. Sinkt die Temperatur unter T_A, so fällt die Kerbzähigkeit plötzlich auf einen sehr niedrigen Wert: die bekannte Kaltsprödigkeit tritt auf. Mit diesem Abfall der Zähigkeit verbindet sich stets eine Änderung im Bruchaussehen. Den hohen Zähigkeiten (Kurvenast *cde*) entspricht ein sehniger Bruch nach vorheriger starker Formänderung, den geringen Zähigkeiten (Kurvenast *ab*) entspricht ein körniger Bruch ohne wesentliche Formänderung. Statische Kerbbiegeversuche ergeben gleichartige Erscheinungen: Schaulinien von solchen Versuchen, Abb. 5 und 6, zeigen, daß **sehniger und körniger Bruch** in völlig verschiedener Weise entstehen.

Den in der Probe auftretenden Schub- und Normalspannungen setzt der Werkstoff einen Verformungs- und einen Trennungswiderstand entgegen. Ein sehniger Bruch entsteht nun, wenn der Verformungswiderstand von den Schubspannungen überwunden wird, ehe die Normalspannung den Trennungswiderstand erreicht; im entgegengesetzten Falle tritt ein körniger Bruch ein[2]). Bei sehnigem Bruch erfolgt das Durchreißen allmählich, Abb. 5; die Formänderungsfähigkeit des Werkstoffs in der Nähe der Bruchstelle wird dabei erschöpft, wozu erhebliche Arbeit verbraucht wird. Beim körnigen Bruch spaltet dagegen nach dem Anriß die Probe plötzlich ganz durch, Abb. 6, ohne merklichen weiteren Arbeitsverbrauch. Die Kaltsprödigkeit ist hiernach gleichbedeutend mit der häufig als Spaltbarkeit bezeichneten Erscheinung.

Der Einfluß der Versuchsbedingungen und der Vorbehandlung des Werkstoffs auf den Verlauf der Kurve in Abb. 4 zeigt sich erstens in einem Heben oder Senken des Kurvenastes *cde* und zweitens in einer Verschiebung der Temperatur T_A, unterhalb deren die Kaltsprödigkeit auftritt. Die letztere Wirkung, die von besonderer Bedeutung ist, wird nun erklärt aus den Veränderungen des Verhältnisses zwischen Schub- und Normalspannungen und des Verhältnisses zwischen Trennungs- und Verformungswiderstand. Unterschreiten diese Verhältnisse gewisse Werte, die wieder voneinander abhängen, so tritt der Umschlag vom sehnigen in den körnigen Bruch und der damit verknüpfte starke Abfall der Zähigkeit ein. Dieser Abfall sollte nun eigentlich unstetig nach der strichpunktierten Linie (Abb. 4) erfolgen; die Übergänge, die die ausgezogene Kurve zeigt, entstehen dadurch, daß das Verhältnis zwischen den Schub- und Normalspannungen in der Probe während des Bruchvorgangs sich noch weiter ändert, so daß auf dem Kurvenast *cb* (Abb. 4) einem sehnigen Anbruch noch ein körniger Trennungsbruch folgen kann und umgekehrt. Wegen des völlig verschiedenartigen Bruchvorgangs sind Ergebnisse mit sehnigem Bruch und solche mit körnigem Bruch nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar. Dies und der Umstand, daß der Abfall der Zähigkeit für Stahl je nach den Versuchsbedingungen und der Vorbehandlung unter- oder oberhalb der Raumtemperatur eintreten kann, sind die Ursache, daß bei älteren Versuchen Widersprüche gefunden wurden.

Je größer die Probenbreite wird, desto höher rückt die Temperatur T_A[3]). Prüft man also verschieden breite Proben z. B. bei der Temperatur T_2 (Abb. 4), so findet man für schmale Proben (ausgezogene Kurve) hohe Zähigkeit, für breite Proben (gestrichelte Kurve) geringe Zähigkeit. Bei mittleren Probenbreiten tritt dann der Abfall der Zähigkeit ein; die Beobachtung, daß in diesem Gebiet mit gleichen Proben regellos hohe und niedrige Zähigkeiten gefunden werden können[3])[4]), wird aus der Schroffheit (Unstetigkeit) des Abfalls verständlich, da dann ganz geringe Verschiedenheiten den Umschlag nach der einen oder andern Seite herbeiführen können. Für ungekerbte Proben liegt T_A im allgemeinen bei sehr niedrigen Temperaturen. Die Anwendung einer Kerbe hat ein beträchtliches Höherrücken von T_A zur Folge, um so mehr, je schärfer die Kerbe ist.

Die Vorbehandlung des Werkstoffs äußert sich wie folgt: Die Temperatur T_A des Abfalls liegt für geglühten Werkstoff höher als für vergüteten, für grobkörnigen höher als für feinkörnigen. T_A rückt ebenfalls höher, wenn der Werkstoff z. B. vorher kalt gereckt wird, um so mehr, je stärker die Reckung war. Prüft man den gleichen Werkstoff im gereckten (gestrichelte Kurve in Abb. 4) und im nicht gereckten (ausgezogene Kurve) Zustande bei der Temperatur T_2, so findet man eine sehr starke Verminderung der Zähigkeit durch das Recken. Diese Erscheinung wurde bisher als „**Blausprödigkeit**" bezeichnet; es handelt sich hierbei aber nur um ein früheres Auftreten der Kaltsprödigkeit beim gereckten Werkstoff, für das weder ein Recken in Blauwärme noch ein Anlassen auf Blauwärme erforderlich ist, wenn auch durch ein solches Anlassen (wie auch durch „Altern" bei Raumtemperatur) die Wirkung des Reckens noch verstärkt wird. Bei Temperaturen oberhalb T_A' ist die Kerbzähigkeit von gerecktem und nicht gerecktem Werkstoff nur wenig verschieden. Diese „Blausprödigkeit" ist also nur zwischen T_A und T_A' vorhanden; ob sie beobachtet wird oder nicht, hängt daher von der Versuchstemperatur ab; bei gleicher Temperatur kann sie mit einer bestimmten Probenform gefunden werden, mit einer andern Probenform dagegen nicht.

Eine Steigerung der Versuchsgeschwindigkeit verschiebt den Abfall der Zähigkeit ebenfalls nach höheren Temperaturen[3]); statische und dynamische Kaltbiegeversuche zeigen auch bei Temperaturen oberhalb T_A noch abweichenden Verlauf, Abb. 7. Das Verhältnis von dynamischer zu statischer Biegearbeit wird je nach der Versuchstemperatur größer als 1 (zwischen T_2 und T_3, Abb. 7) oder kleiner als 1 (zwischen T_1 und T_2). Abb. 4 und 7 zeigen, daß schon eine geringe Erhöhung der Versuchstemperatur oder eine Verminderung der Versuchsgeschwindigkeit die Kerbzähigkeit sehr stark erhöhen kann, wenn die Versuchstemperatur in der Nähe von T_A liegt.

Eine Trennung in zähe und spröde Stähle nach ihrem Verhalten bei nur einer Temperatur T_2 (Abb. 4) muß zu Widersprüchen führen, da der vorher zähe Stahl sich spröde oder der vorher spröde Stahl sich zäh erweisen kann, wenn durch ein Ändern der Versuchsbedingungen die Temperatur T_A erhöht

[1]) E. Maurer und R. Mailänder, Zur Frage der Blausprödigkeit. „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 409.
[2]) vergl. Ludwik, Z. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 210.
[3]) vergl. Mailänder, Kruppsche Monatsh. Bd. 5 (1924) S. 16.
[4]) Vergl. Baumann, Z. Bd. 56 (1912) S. 1311, und Stribeck, „Stahl und Eisen" Bd. 42 (1922) S. 405.

Abb. 5. Sehniger Bruch.

Abb. 6. Körniger Bruch.
Abb. 5 und 6. Statische Kerbbiegeversuche.

Abb. 4. Schematische Darstellung des Temperaturverlaufes der Kerbzähigkeit.

Abb. 7. Temperaturverlauf der Kerbzähigkeit von Flußstahl.

oder erniedrigt wird. Ein richtiger Vergleich muß zwei Kennzeichen feststellen: einmal die Zähigkeit bei einer bestimmten Temperatur oberhalb T_A, d. h. bei sehnigem Bruch, und zweitens die Temperatur T_A selbst. Beide Kennzeichen haben aber nur relative Bedeutung, da sie von den Versuchsbedingungen abhängen.

Oberhalb T_A nimmt mit steigender Temperatur die Kerbzähigkeit ab bis zu einem Kleinstwert K (Abb. 7) und steigt dann rasch wieder an. Dieser Kleinstwert tritt beim statischen Versuch bei etwa 250 °C (Blauwärme), beim Schlagversuch aber erst bei höherer Temperatur (rd. 500 °C) auf, so daß man auch für diese Erscheinung den Ausdruck Blausprödigkeit besser vermeidet und von Warmsprödigkeit spricht. Die Warmsprödigkeit ist von der Kaltsprödigkeit völlig verschieden; das Bruchaussehen bei diesen hohen Temperaturen ist stets sehnig. Die Abnahme der Zähigkeit auf den Kleinstwert K ist verursacht durch eine Abnahme der Formänderungsfähigkeit; ein statischer Biegeversuch bei 250 °C z. B. gibt eine ähnliche Schaulinie wie Abb. 5, nur ist das Bild in der Richtung der Durchbiegungen stark zusammengedrängt. Der Einfluß der Temperatur auf die Formänderungsfähigkeit und den Verformungswiderstand äußert sich beim Zerreißversuch und beim Biegeversuch in gleicher Weise, wenn die Versuchsbedingungen einander entsprechen; so können beim Zerreißversuch außer der Warmsprödigkeit auch Erscheinungen der Kaltsprödigkeit gefunden werden.

Legierte Stähle zeigen die Kaltsprödigkeit meist bei tieferen Temperaturen als Kohlenstoffstähle, auch erfolgt der Abfall der Zähigkeit meist weniger schroff, was auf eine langsamere Abnahme des Verhältnisses zwischen Trennungs- und Verformungswiderstand mit sinkender Temperatur hindeutet. Die vorstehenden Ergebnisse wurden an weichen und an perlitischen Stählen beobachtet; da die Beziehungen von mechanischen Vorgängen abhängen, so ist zu erwarten, daß auch andre Metalle gleichartige Erscheinungen zeigen können. Für Zink z. B. wurde auch eine ähnliche Abhängigkeit der Kerbzähigkeit von der Temperatur (Abb. 4) gefunden.

Im Anschluß an diese Ergebnisse sei noch auf die als Blausprödigkeit bezeichneten Erscheinungen bei höheren Temperaturen und die zu ihrer Erklärung aufgestellten Theorien von A. Le Chatelier[1]) und von Ludwik[2]) und Maurer[3]) hingewiesen. Ein Erhöhen der Versuchsgeschwindigkeit hat sowohl beim Kerbschlagversuch, Abb. 7, als beim Zerreißversuch ein Verschieben des Höchstwertes von Sprödigkeit und Festigkeit nach höheren Temperaturen hin zur Folge. Beide Theorien erklären dieses Verschieben aus dem Übereinanderlagern zweier entgegengesetzter Wirkungen, die von Zeit und Temperatur in verschiedenem Grad abhängen. Die erste Wirkung (eine Umwandlung nach Chatelier, eine Blockierung der Gleitflächen nach Ludwik-Maurer) erhöht Festigkeit und Sprödigkeit, während die andre Wirkung (Rückkristallisation) sie wieder erniedrigt. An Zerreiß- und Kerbschlagversuchen ist gezeigt worden, daß diese Wirkungen für gerecktes und nicht gerecktes Eisen bei den gleichen Temperaturen auftreten. Diese Beobachtung läßt sich aber nur mit der zweiten Theorie (von Ludwik-Maurer) in Einklang bringen; für die Richtigkeit dieser Theorie spricht ferner, daß auch andre Metalle (wie Messing, Kupfer, Aluminium) Erscheinungen zeigen, die denen der Warmsprödigkeit des Eisens entsprechen. [M 432]

Essen. R. Mailänder.

Lichttechnik.

Die Verwendung von künstlichem Licht für Kinoaufnahmen.

Kinematographische Aufnahmen erfordern in vielen Fällen die Anwendung von künstlichem Licht. Bis jetzt wurden die erforderlichen Lichtquellen in der Hauptsache auf Grund von Erfahrungen bestimmt. In vielen Fällen ist es jedoch wünschenswert, sich durch kurze überschlägliche Rechnungen von den Möglichkeiten der künstlichen Beleuchtung ein Bild zu machen.

In einem Aufsatze über „Die Verwendung von künstlichem Licht für Kinoaufnahmen" in der Zeitschrift „Licht und Lampe" 1925 Nr. 9 u. 10 S. 295 u. 332 habe ich eine Reihe der hierfür erforderlichen Gleichungen abgeleitet.

Als wichtigste Gleichung wird für die Helligkeit des von einem Objektiv auf den Film projizierten Bildes folgende aufgestellt:

$$E_b = 0{,}1\, O_v^2\, E_g \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1).$$

Hierin bedeuten E_b die Helligkeit des projizierten Bildes in Lux, O_v das Öffnungsverhältnis des Objektives, d. h. wirksame Öffnung geteilt durch Brennweite, E_g die Flächenhelle des aufzunehmenden Gegenstandes, auch in Lux gemessen. Diese Gleichung besagt, daß beispielsweise bei dem lichtstärksten Objektiv, das zurzeit in der Kinematographie benutzt wird, bei einem Öffnungsverhältnis von 1 : 2 die Helligkeit des projizierten Bildes nur $^1/_{40}$ der Helligkeit des aufzunehmenden Gegenstandes ist.

Des weiteren werden die verschiedenen Beleuchtungsarten im auffallenden und durchfallenden Lichte miteinander verglichen. Für Beleuchtung durch eine Lichtquelle ohne Reflektor ergibt sich die Gleichung:

$$E_b = 0{,}1\, O_v^2\, \frac{J}{r^2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2),$$

worin J die Helligkeit der Lichtquelle in Richtung auf den aufzunehmenden Gegenstand in HK, r den Abstand der Lichtquelle von dem aufzunehmenden Gegenstand in m bedeutet. Dient zur Beleuchtung ein Scheinwerfer, so geht die vorstehende Gleichung in folgende über:

$$E_b' = 0{,}1\, O_v^2\, \frac{J}{a^2}\, \frac{F_S}{F_g}\, \varphi \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3).$$

Hier bedeutet

a den Abstand der Lichtquelle von der Sammellinse (Kondensor) oder dem Spiegel in m,
F_S die Fläche des Spiegels des Scheinwerfers,
φ den Füllgrad der zu beleuchtenden Fläche, d. h. das Verhältnis der Fläche, die photographiert wird und die meistens einen rechteckigen Querschnitt hat, zu der beleuchteten Fläche, die meistens kreisförmig ist. In der Praxis kann mit einem Füllgrad von 0,5 bis 0,6 gerechnet werden.
F_g bezeichnet die Fläche des aufzunehmenden Gegenstandes.

Das Verhältnis der Helligkeit, die bei Beleuchtung durch eine Lichtquelle ohne Reflektor, Spiegel usw. erzielt wird, zu der Helligkeit durch einen Scheinwerfer ist:

$$\frac{E_b'}{E_b} = \left(\frac{r}{a}\right)^2 \frac{F_S}{F_g}\, \varphi \quad \ldots \ldots \ldots \quad (4).$$

Im allgemeinen ist bei dieser Gleichung das erste Glied kleiner als 1, da der Abstand der Lichtquelle von der zu beleuchtenden Fläche meistens wesentlich größer ist als ihr Abstand von dem Spiegel des Scheinwerfers. Dagegen ist meistens die zu beleuchtende Fläche F_g wesentlich größer als die Fläche F_S der Sammellinse oder des Spiegels, so daß das 2. Glied der Gleichung kleiner als 1 wird. Die vorstehende Gleichung gestattet eine Überschlagrechnung, ob in einem gegebenen Falle die Anwendung von Scheinwerfern Vorteil bringt oder nicht.

Setzt man

$$R = \frac{J_R}{J} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5),$$

worin R das Rückstrahlvermögen eines Reflektors (bei den üblichen Reflektoren 1,5 bis 2), J_R die Helligkeit der Lichtquelle bei Anwendung des Reflektors in Richtung auf den aufzunehmenden Gegenstand und J die Helligkeit der Lichtquelle ohne Reflektor bedeuten, so ergibt sich die Größe der zu beleuchtenden Fläche, bei der die durch einen Scheinwerfer und durch eine einfache Lampe mit Reflektor erzielten Helligkeiten einander gleich sind, zu

$$F_g = \frac{1}{R} \left(\frac{r}{a}\right)^2 F_S\, \varphi\, \eta \quad \ldots \ldots \ldots \quad (6).$$

η bedeutet hier den Wirkungsgrad der Sammellinse oder des Spiegels und kann zu 0,7 bis 0,8 bei Sammellinsen und zu 0.8 bis 0,9 bei Spiegeln angenommen werden. Ist die zu beleuchtende Fläche F_g kleiner, als die vorstehende Gleichung ergibt, so liefert der Scheinwerfer eine größere Helligkeit; ist sie größer, so ist die einfache Lampe mit Reflektor vorzuziehen.

Die Helligkeit des übertragenen Bildes beim durchfallenden Licht ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$E_b = \frac{J}{a^2}\, \frac{F_S}{F_b}\, \varphi\, \eta \quad \ldots \ldots \ldots \quad (7).$$

Diese Gleichung gilt unter der Voraussetzung, daß die Öffnung des Objektivs groß genug ist, um das ganze vom Scheinwerfer erzeugte Lichtbündel an seiner schmalsten Stelle zu fassen. Diese Forderung ist erfüllt, wenn

$$O = \left(D\, \frac{f_o}{f_k}\, \frac{d_b + d_g}{d_b\, d_g} - 1\right) d_J \quad \ldots \ldots \ldots \quad (8).$$

Hierin bedeutet

O die wirksame Öffnung des Objektivs,
D den Durchmesser } der Sammellinse oder des Spiegels,
f_k die Brennweite } der Sammellinse oder des Spiegels,
f_o die Brennweite des Objektivs,
d_g den Durchmesser des den aufzunehmenden Gegenstand umschreibenden Kreises,
d_b den Durchmesser des das Bild umschreibenden Kreises.

Handelt es sich um Kinoaufnahmen, so können die Werte f_b, φ und η in Gl. (7) eingesetzt werden. Man erhält dann

$$E_b = 0{,}1\, \frac{J}{a^2} F_S \quad \ldots \ldots \ldots \quad (9),$$

wobei F_S in cm² eingesetzt werden muß.

Aufnahmen können im durchfallenden Licht nicht gemacht werden, wenn die aufzunehmende Fläche kleiner als die Fläche F_S der Sammellinse oder des Spiegels ist. In diesem Falle kommt als zweite Möglichkeit nur die Beleuchtung durch Scheinwerfer in

---

[1]) Rev. Mét. Bd. 6 (1909) mém., S. 914.
[2]) Z. Bd. 63 (1919) S. 142.
[3]) Kruppsche Monatsh. Bd. 4 (1923) S. 174 und „Stahl und Eisen" Bd. 44 (1924) S. 1740.

Frage, wenn statt durchfallenden Lichtes auffallendes verwendet werden soll. Das Verhältnis der bei diesen beiden Beleuchtungsarten erzielbaren Helligkeiten des projizierten Bildes ergibt sich zu

$$\frac{E_b''}{E_b'} = 10 \cdot \frac{1}{O_v^2} \frac{F_g}{F_b} \quad . \; . \; . \; (10).$$

In dieser Gleichung bedeutet E_b'' die Helligkeit des übertragenen Bildes bei Beleuchtung mit durchfallendem Licht, E_b' die Helligkeit des übertragenen Bildes mit auffallendem Licht durch den gleichen Scheinwerfer, wie er bei durchfallendem Lichte verwendet wird.

Das durchfallende Licht ergibt im allgemeinen eine bedeutend größere Helligkeit des übertragenen Bildes als das auffallende Licht. Wird beispielsweise ein sehr lichtstarkes Objektiv mit einem Öffnungsverhältnis $O_v = ½$ verwendet, ist die auszuleuchtende Fläche $6 \times 8 = 48$ cm², und soll bei durchfallendem Lichte das ganze Bildfeld von 4.32 cm² ausgeleuchtet werden, so ergibt ein Einsetzen dieser Zahlenwerte

$$\frac{E_b''}{E_b'} = 10 \cdot \frac{1}{(^1/_2)^2} \cdot \frac{48}{4{,}32} = 443,$$

d. h. die Helligkeit des projizierten Bildes ist unter den gemachten Voraussetzungen bei durchfallendem Lichte rd. 440mal größer als bei auffallendem Licht.

Die Größe des aufzunehmenden Bildfeldes, bei der das auffallende Licht die gleiche Helligkeit wie das durchfallende Licht ergibt, bestimmt sich aus Gl. (10), indem man $E_b'' = E_b'$ setzt, zu

$$F_g = 0{,}1\, O_v^2\, F_b \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (11)$$

Verwendet man ein sehr lichtstarkes Objektiv, das bei den hier in Frage kommenden starken Vergrößerungen noch ein Öffnungsverhältnis von 1 : 4 hat, und nimmt man an, daß bei durchfallendem Lichte das ganze Bildfeld von 4,32 cm² angeleuchtet werden soll, so ergibt ein Einsetzen dieser Zahlenwerte

$$F_g = 0{,}1 \left(\frac{1}{4}\right)^2 \cdot 4{,}32 = 0{,}027 \text{ cm}^2,$$

d. h. erst bei einem Aufnahmegegenstand, der nicht größer als ungefähr 0,15 × 0,19 cm ist, würde man bei Beleuchtung mit auffallendem Lichte durch einen Scheinwerfer die gleiche Helligkeit des projizierten Bildes erhalten wie bei Aufnahme im durchfallenden Licht und Verwendung des gleichen Scheinwerfers.

Die vorstehenden Gleichungen sind in erster Linie dazu geeignet, um verschiedene Beleuchtungsarten miteinander rechnerisch zu vergleichen.

Um die für eine bestimmte photographische Wirkung erforderliche Lichtmenge berechnen zu können, ist von folgender Gleichung auszugehen:

$$q = E_b\, t^p\, W \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (12).$$

In dieser Gleichung bedeuten:

- q die zum Hervorrufen einer bestimmten photographischen Wirkung für die Flächeneinheit erforderliche Lichtleistung bei einer als üblich anzusehenden Belichtungszeit,
- t die Belichtungszeit,
- p den Schwarzschildschen Faktor,
- W die photographische Wirksamkeit der verwendeten Lichtquelle (Aktinität).

Der Schwarzschildsche Faktor ist für eine bestimmte Emulsion angenähert eine Konstante, deren Wert meistens 0,8 beträgt, jedoch zwischen den Grenzen 0,7 und 0.9 schwanken kann. Die Form der Gleichung (12) ist für den praktischen Gebrauch jedoch zu unbequem. Es wird deshalb $t_p = t^p$ gesetzt, wobei t_p = wirksame Belichtungszeit, t = tatsächliche Belichtungszeit ist.

Zahlentafel 1 gibt für verschiedene tatsächliche Belichtungszeiten die wirksamen Belichtungszeiten an, und zwar sowohl für den mittleren Schwarzschildschen Faktor $p = 0{,}8$ als auch für die beiden Grenzfälle $p = 0{,}7$ und $p = 0{,}9$. Da in der Kinematographie die Belichtungszeit von $^1/_{33}$ s am häufigsten verwendet wird, ist dieser Wert als Normalbelichtungszeit angenommen worden.

Der Wert q kann beim Kinonegativfilm zu 1,5 angenommen werden, wenn die Beleuchtung durch Tageslicht oder durch Bogenlicht erfolgt. Kann bei hellen Gegenständen eine Unterbelichtung in Kauf genommen werden, so kann mit q bis auf 0,3 bis 0,5 heruntergegangen werden. W ist bei Tageslicht und Bogenlicht gleich 1 zu setzen, bei hochbelasteten Glühlampen gleich $^1/_3$ bis $^1/_6$ (siehe Zahlentafel des Originalaufsatzes). Gleichung (12) gestattet in Verbindung mit den vorhergehenden Gleichungen die erforderlichen Lichtquellen vorauszuberechnen. Ein kurzes Beispiel möge dies erläutern:

Zahlentafel 1. Tatsächliche und wirksame Belichtungszeit.

tatsächliche Belichtungszeit t	Verhältnis der wirksamen Belichtungszeit zu der tatsächlichen, t_p/t			wirksame Belichtungszeit t_p			erforderliche Beleuchtung in Lux bei $q = 1{,}5$ und $p = 0{,}8$	
s	$p = 0{,}7$	$p = 0{,}8$	$p = 0{,}9$	$p = 0{,}7$ s	$p = 0{,}8$ s	$p = 0{,}9$ s	der zu belichtenden Schicht E_p	des aufzunehmenden Gegenstandes, wenn $O_v = ^1/_2$
100	0,086	0,2	0,45	8.6	20	45	0,075	3
33	0,12	0,27	0,5	3,9	8,3	16	0.18	7
10	0,17	0,32	0.56	1,7	3,2	5,6	0,47	19
3,3	0,21	0,39	0.63	0,7	1,3	2,1	1,2	48
1	0,34	0,5	0.7	$^1/_3$	$^1/_2$	0,7	3	120
$^1/_{3.3}$	0,5	0,65	0.8	$^1/_7$	$^1/_5$	$^1/_4$	7,5	300
$^1/_{10}$	0,68	0,8	0,9	$^1/_{14}$	$^1/_{12}$	$^1/_{11}$	18	700
$^1/_{33}$	1	1	1	$^1/_{33}$	$^1/_{33}$	$^1/_{33}$	50	2 000
$^1/_{100}$	1,4	1,3	1,1	$^1/_{75}$	$^1/_{80}$	$^1/_{90}$	120	4 800
$^1/_{330}$	2,0	1,6	1,3	$^1/_{170}$	$^1/_{200}$	$^1/_{260}$	300	12 000
$^1/_{1000}$	2,7	2	1,4	$^1/_{370}$	$^1/_{500}$	$^1/_{700}$	750	30 000
$^1/_{3\,300}$	4,0	2,5	1,6	$^1/_{940}$	$^1/_{1\,300}$	$^1/_{2\,100}$	2 000	80 000
$^1/_{10\,000}$	5,5	3,1	1,8	$^1/_{1\,800}$	$^1/_{3\,200}$	$^1/_{5\,600}$	4 800	190 000
$^1/_{33\,000}$	7,8	4	2	$^1/_{4\,200}$	$^1/_{8\,100}$	$^1/_{17\,000}$	12 000	480 000
$^1/_{100\,000}$	11	5	2,2	$^1/_{9\,200}$	$^1/_{20\,000}$	$^1/_{45\,000}$	30 000	1 200 000
$^1/_{330\,000}$	15	6,5	2,5	$^1/_{22\,000}$	$^1/_{51\,000}$	$^1/_{130\,000}$	77 000	3 000 000

Von einem kleinen Gegenstand sollen Studienaufnahmen mit $^1/_{100\,000}$ s Belichtungszeit gemacht werden. Nimmt man einen Schwarzschildschen Faktor von $p = 0{,}8$ an, so ist nach Zahlentafel 1 mit einer wirksamen Belichtungszeit von $t_p = ^1/_{20\,000}$ s zu rechnen. Nimmt man den Wert q zu 1,5 gemäß dem oben Gesagten an und soll eine Lichtquelle mit der Wirksamkeit $W = 1$ benutzt werden, so ergibt sich aus Gl. (12) die erforderliche Beleuchtung des Filmes zu

$$E_b = \frac{q\, W}{t_p} = \frac{1{,}5 \cdot 1}{^1/_{20\,000}} = 30\,000 \text{ Lux.}$$

Es soll nun zuerst die Lichtquelle bestimmt werden, die für Aufnahmen im durchfallenden Licht gebraucht wird.

Aus Gl. (9) ergibt sich

$$J = 10\, E_b \frac{a^2}{F_S},$$

wobei a in m und F_S in cm² einzusetzen ist. Es soll ein Kondensor mit $F_S = 100$ cm² verwendet werden, die Lichtquelle soll 10 cm Abstand vom Kondensor haben, also $a = 0{,}1$ m. Durch Einsetzen dieser Zahlenwerte erhält man:

$$J = 10 \cdot 30\,000 \cdot \frac{0{,}1^2}{100} = 30 \text{ HK.}$$

Es würde also bereits eine kleine Bogenlampe mit 3 A Stromstärke und ungefähr 250 HK gut ausreichen. Man würde bei dieser Lampe bereits mit einer weniger sorgfältigen Anpassung der Brennweite des Objektives an die Brennweite des verwendeten Kondensors auskommen, da der angenommene Abstand a ohne Gefahr überschritten werden kann. [N 473]

Berlin. Thun.

Verschiedenes.

Die Verflüssigung der Kohle.

Berichtigung. In Z. Nr. 43 S. 1361 l. Sp. muß es am Schluß des ersten Absatzes des letzten Kapitels „Die groß-technische Apparateanordnung" des Aufsatzes von Dr. Bergius heißen: „Den größten Anteil an der technischen Durcharbeitung der Großanlage hatte Herr Tillmann, unterstützt von den Herren Debo und W. Schulz." [N 1104]

Betriebs- und Versuchsergebnisse der russischen dieselelektrischen Lokomotive.

Berichtigung. In Z. Nr. 42 S. 1321 hatte ich irrtümlich geschrieben, daß das Mehrgewicht der dieselelektrischen Lokomotiven hauptsächlich dadurch hervorgerufen sei, daß die Elektromotoren zu schwer ausgefallen wären. An dem Mehrgewicht der Lokomotiven gegenüber dem Entwurf von 8,9 t ist die elektrische Ausrüstung indessen nur mit 1,1 t beteiligt.

[N 1103] F. Meineke.

Kleine Mitteilungen.

Die Wasserkräfte Italiens.

Der Ausbau der besonders im Norden der Halbinsel zur Verfügung stehenden Wasserkräfte hat in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht. So ist die ausgebaute Leistung seit 1918 von 1 240 000 kW auf 2 107 000 kW im Jahre 1924 gestiegen. In noch höherem Maße hob sich der Energieverbrauch von 1 Milliarde kWh (1918) auf 6 Milliarden kWh (1924).

Bei der Übertragung der erzeugten Energie macht besondere Schwierigkeiten die Versorgung Siziliens von dem Festland her über die Bucht von Messina. Von den drei möglichen Lösungen dieser Frage hat besondere Aussicht auf Verwirklichung die Übertragung des auf 120 000 V gespannten Stromes durch Unterseekabel, dessen Abmessungen bereits von der Pirelli-Gesellschaft in Mailand festgelegt sind. Ein Modell dieses Kabels war auf der Internationalen Ausstellung in Genf im Sommer 1925 zu sehen, die anläßlich des internationalen Kongresses für Wasserkraft vom 4. bis 8. Juli 1925, auf dem auch Deutschland vertreten war, abgehalten wurde. („Le Génie Civil" 31. Oktober 1925 S. 383*.) [N 1112 a] Sd.

Bruch einer Talsperre in Nord Wales.

In der Nacht vom 2. November ist die im Jahre 1908 fertiggestellte Talsperre in Conway-Tal, Nord Wales, gebrochen. Durch den rechtwinklig ausgebauten Damm, wobei der eine Schenkel in eine Krümmung auslaufend ausgebildet war, wurden 4 500 000 m³ Wasser des Llyn Eigiau-Sees gestaut. Der Abfluß des Wassers war im Schnittpunkt der beiden Schenkel angeordnet; es strömte in das natürliche Bett des Porthllwyd. Die durch die Wasserkräfte gewonnene elektrische Energie hatte man in den umliegenden Industriestätten ausgenutzt. Die Talsperre brach am Fuße der Krümmung, während der übrige Teil nicht beschädigt wurde. Die freigewordenen Wassermassen haben, da sie 4 km unterhalb der Talsperre in einem 300 m tiefen Wasserfall abstürzten, die in der Nähe gelegenen Ortschaften und Fabrikanlagen zerstört und weite Flächen überschwemmt. In England ist dies der erste Bruch einer Talsperre, die zur Ausnutzung von Wasserkräften für elektrische Kraftübertragung gebaut worden ist. („The Engineer" 6. November 1925 S. 496*). [1112 b] Gw.

Transformatorenanlage für 220 kV.

Auf der internationalen Wasserkraftausstellung in Grenoble 1925 war, wohl zum ersten Male in Europa, eine Transformatorenanlage ausgestellt, deren Oberspannungsseite Einphasen-Wechselstrom von 220 kV entnommen wird. Die Niederspannungsseite wird mit Einphasenstrom von 220 V gespeist. Der Transformator, der im Freien aufgestellt wird, ist 6,20 m hoch und bedeckt eine Fläche von 2,57 × 1,87 m², das Ölgefäß ist allein rd. 3 m hoch. Das Gesamtgewicht beträgt 16 t, davon entfallen 7 t auf das Transformatoröl. („Le Génie Civil" 31. Oktober 1925 S. 373*.) [N 1112 c] Sd.

Prüfung von Wasserstandgläsern an Hochdruckkesseln.

Das Versuchslaboratorium der amerikanischen Marineakademie in Annapolis, Md., prüft die Widerstandfähigkeit von Glassorten, die als Wasserstandgläser für hohen Druck verwendet werden sollen, auf folgende Weise:

Das zu prüfende Glas wird in das Versuchsgerät eingesetzt und zunächst halb mit Wasser von etwa 25 °C gefüllt. Darauf öffnet man ein in einer Dampfleitung liegendes Schnellschlußventil, derart, daß das Wasserstandglas plötzlich einem Dampfdruck von rd. 20 at ausgesetzt ist. Nach einer Minute wird das Ventil geschlossen und das Dampfwassergemisch abgeblasen. Darauf kommt wieder Wasser von 25 °C in das Glas, bis es sich abgekühlt hat, und so wird diese „Dampfschlag-Prüfung" mehrfach wiederholt.

Der Wert dieser Prüfung besteht in der Zeitersparnis der andernfalls sehr lange dauernden Versuche. Mit der Dampfschlagprobe sollen in ein paar Stunden die gleichen Ergebnisse erzielt werden wie bei der gewöhnlichen Dauerprobe in mehreren Wochen. („Power" 27. Oktober 1925 S. 650*.) [N 1112 d] Kd. M.

Preßlinge aus Säge- und Hobelspänen.

Bei der Herstellung von Preßlingen aus Holzspänen ist man bisher auf große Schwierigkeiten gestoßen. J. Petipas hat nun über die neuesten Versuche auf diesem Gebiete berichtet. Mit verschiedenen Bindemitteln (am besten Pech und Leim, weniger gut Kasein) wurden gute Ergebnisse erzielt. Es zeigte sich, daß die chemischen Vorgänge in den verschiedenen Holzarten jeweils eine besondere Behandlung verlangen. Bei 30 kg/cm² Druck wurden bei 2 bis 3 vH Beimischung Preßlinge mit dem spezifischen Gewicht 0,8 bis 0,9 erzielt. Petipas gibt an, daß die größte Dichte mit dem geringsten Druck erreicht wird, wenn die Wasserverbindung der Zellulose eine bestimmte Größe hat, wenn die Zellulose durch Sodazusatz, Hitze und Druck genügend merzerisiert ist, wenn die Oxydationsvorgänge beschränkt werden und wenn man die Harzbestandteile richtig ausnutzt. („The Engineer" 6. November 1925 S. 483.) [N 1112 e] G.

Bandsäge zum Baumfällen.

Die bisher bekannten Baumfällsägen sind fast ausnahmslos nach dem Grundsatz der Gattersägen mit hin- und hergehender Bewegung gebaut. Um die tote Zeit für den Rücklauf auszuschalten, hat man versucht, die Bandsäge für diese Zwecke nutzbar zu machen. Eine neue Bauart, die kürzlich in England auf den Markt gebracht wurde, soll sich gut bewährt haben. Die Bandsäge wird durch einen Verbrennungsmotor von 3½ oder 5 PS angetrieben. Das Sägeblatt läuft über die Sägerollen mit senkrechter Achse und außerdem über eine Spannrolle. Durch besondere Richtrollen wird das Sägeblatt zwischen den Rollen auf einer der Schnittlänge entsprechenden Strecke wagerecht geführt. Die eine Richtrolle, die auch den Antrieb trägt, liegt fest, während die zweite Rolle auf einem in wagerechter Ebene liegenden Kreisbogen um die Antriebrolle schwenkbar ist. Der Vorschub wird dadurch erreicht, daß die bewegliche Richtrolle durch einen Seilzug auf der Kreisbahn geführt und dadurch gegen den Stamm gedrückt wird. Das Sägenblatt hat 12,5 m/s Geschwindigkeit und schneidet Stämme bis rd. 1,20 m Dicke. Der Schnitt liegt 15 cm über dem Erdboden. („Engineering" 6. November 1925 S. 594.) [N 1112 f] Hä.

Aluminiumherstellung in England.

Auf der Herbstversammlung der Institution of Electrical Engineers berichtete Malpas über die englische Aluminiumindustrie. Als Rohstoff wird französischer Bauxit mit 60 vH Tonerde verwendet. 1 t Tonerde bedingt den Verbrauch von 8 t Kohlen. Die Öfen sind 2,45 m lang, 1,38 m hoch und 0,6 m tief und arbeiten mit 8000 bis 10 000 A bei 6 V Spannung. Die Arbeitstemperatur beträgt ungefähr 1000 °C. Zur Erzeugung von 1 t Aluminium werden 25 000 kWh verbraucht. Bei 0,83 ₰/kWh sind also für 1 t Al rd. 10 £ Stromkosten aufzuwenden. Die vollständig ausgebaute Anlage der British Aluminium Co. wird eine Leistung von 72 000 PS aufweisen. („Engineering" 6. November 1925 S. 581.) [N 1112 g] Wf.

Herstellung von Stellit.

W. H. Losee berichtet über die Herstellung von Stellit im elektrischen Ofen. Vergossen wird Stellit bei 1500 bis 1600 °C in Graphittiegeln, die mit Alundum und feuerfestem Ton ausgekleidet sind. Aus diesen wird Stellit in Formen aus künstlichem Graphit vergossen. Die Oxydhaut wird nachher durch Schleifen entfernt. Eine besonders wichtige Anwendung des Stellites sieht der Verfasser in der Entfernung des Glühspanes von heißen Barren, bevor sie durch die Walzen gezogen werden. („Machinery" 5. November 1925 S. 168.) [N 1112 h] Wf.

Der Fahrgastdampfer „Conte Biancamano".

Italien macht heute die größten Anstrengungen, seine Seegeltung zu vergrößern. Eine Reihe von beachtenswerten großen Fahrgast-Motorschiffen ist auf italienischen Werften im Bau. Auch ausländische Werften bauen für die italienischen Reedereien. So ist kürzlich von der Firma William Beardmore & Co., Dalmuir, der Doppelschrauben-Fahrgastdampfer „Conte Biancamano" für den Lloyd Sabaudo, Genua, fertiggestellt worden. Das Schiff hat 200 m Länge über alles, 190 m Länge zwischen den Loten, 23,2 m Breite, beladen 7,94 m Tiefgang, 23 000 B.-R.-T. Raumgehalt und erreicht mit zwei Parsons-Turbinenanlagen von zusammen 21 000 Wellen-PS Leistung bei 95 Uml./min 20 Kn Geschwindigkeit. Die Leistung wird durch doppelte Übersetzungsgetriebe auf die Schraubenwellen übertragen. Das Schiff ist für 1750 Fahrgäste und 500 Mann Besatzung eingerichtet. („Engineering" 6. November 1925 S. 575.) [N 1112 i] W. S.

BÜCHERSCHAU.

Elektrische Maschinen. Von Rudolf Richter. Bd. 1: Allgemeine Berechnungselemente, Gleichstrommaschinen. Berlin 1924, Julius Springer. X. u. 630 S. m. 453 Textabb. Preis 27 *M.*

Wenn jüngere Fachgenossen nach einem guten Buch über elektrische Maschinen fragten, so war man im letzten Jahrzehnt im Zweifel, was man ihnen empfehlen sollte. Die früher grundlegenden Bücher von Arnold waren mit der Zeit so weit aushelend geworden, daß dem jugendlichen Leser leicht der Überblick verloren ging. Das vortreffliche Buch von Pichelmayer ist seit langem vergriffen und konnte natürlich der modernsten Entwicklung keine Rechnung tragen. Und auch das übersichtliche Werk von Kittler-Petersen, das sich durch gute physikalische Grundlegung auszeichnete, ist zuletzt im Jahre 1910 erschienen, so daß es bei der schnell fortschreitenden Technik nicht mehr alle heute wichtigen Einzelfragen enthält.

Bei dieser Sachlage ist es sehr zu begrüßen, daß der Vertreter des Elektromaschinenbaues an der T. H. Karlsruhe, der durch seine praktischen und wissenschaftlichen Arbeiten der Elektrotechnik bereits wertvolle Beiträge lieferte, sich entschlossen hat, seine Vorlesungen in Buchform herauszugeben. Durch die Klarheit der Begriffbildung, durch die Folgerichtigkeit seiner Entwicklungen, durch die Anschaulichkeit seiner Formulierungen und Zeichnungen füllt es die vorhandene Lücke in vollkommenstem Maß aus. Für den Studierenden kann es als eines der besten Lehrbücher des In- und Auslandes angesehen werden, das alle wesentlichen Fragen, die im modernen Dynamobau eine Rolle spielen, in einfacher und doch gründlicher Form behandelt. Selbst der Fachmann wird es mit Interesse studieren, da er selbst auf seinen Sondergebieten manche neuartige Darstellung und vereinfachte Lösung schwieriger Aufgaben darin findet. Besonders wohltuend berührt der unmittelbare Kontakt aller Entwicklungen einerseits mit den physikalischen Grundlagen, anderseits mit der praktischen Gestaltung, wodurch die Darstellung eine große Frische erhält.

Das Buch gliedert sich in drei Abschnitte: Grundbegriffe, Einführung in den Elektromaschinenbau und Gleichstrommaschinen. Der zweite Abschnitt berücksichtigt u. a. neuartige Anschauungen über Erwärmung und Abkühlung und behandelt in ausführlicher und eigenartiger Form die Streuinduktivitäten der Maschine. Aus dem letzten Abschnitt sei die anschauliche Bearbeitung der Ankerrückwirkung und der für den Betrieb so wichtigen Stromwendung hervorgehoben. Im letzten, praktisch wichtigen Kapitel über den Entwurf der Gleichstrommaschine, sind zahlreiche wertvolle Erfahrungsangaben und Konstruktionen niedergelegt.

Es liegt nach alledem ein Werk vor, das sowohl Studierenden wie Praktikern aufs beste empfohlen werden kann und das jedem eine Fülle von Kenntnissen und Anregungen vermittelt.
[E 971] R. Rüdenberg.

Der Quecksilberdampf-Gleichrichter. Von Kurt Emil Müller. 1. Bd.: Theoretische Grundlagen. Berlin 1925, Julius Springer. 217 S. m. 49 Abb. Preis 15 *M.*

Bei dem großen Fortschritt, den der Quecksilberdampf-Gleichrichter in der letzten Zeit gemacht hat, lag für ein Buchwerk darüber ein gewisses Bedürfnis vor, da eine zusammenfassende Darstellung der Theorie fehlte. Im allgemeinen kann von dem Buche gesagt werden, daß es in dieser Hinsicht eine wertvolle Bereicherung der Literatur darstellt. Im wesentlichen werden die rein elektrischen Vorgänge außerhalb des Vakuumgefäßes einer näheren Untersuchung unterworfen. Das über die physikalischen Vorgänge im Vakuumgefäß selbst Bekannte ist in der Einleitung knapp zusammengefaßt.

Im ersten einleitenden Abschnitt wird eine allgemeine Theorie der Induktivität eisengeschlossener Spulen entwickelt, unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens bei einem pulsierenden Gleichstrom. Der zweite Abschnitt behandelt das meines Wissens vom Verfasser zuerst angegebene „Reduktionsproblem". Hier wird ein Verfahren angegeben, wonach man fast alle Schaltungen und Ausführungen des Gleichrichters auf eine Normalform zurückführen kann. Dadurch ist es möglich, die Theorie des Gleichrichters sehr übersichtlich und allgemein zu behandeln. Der Normalgleichrichter braucht nämlich jetzt nur noch im einzelnen näher untersucht werden, was im dritten Abschnitt erfolgt.

Es zeigt sich jedoch, daß die allgemeine Lösung der Gleichungen für den Verlauf der Stromkurven recht umständlich wird. In bestimmten Fällen läßt sich die Lösung jedoch vereinfachen, z. B. bei großer Kathodendrossel, kleiner Anodendrossel und kleinem Ohmschen Widerstand des Gleichrichters.

Im vierten Abschnitt werden die vorhergehenden ziemlich schwierigen und unübersichtlichen mathematischen Ableitungen etwas durchsichtiger bei der Anwendung auf einige praktische Gleichrichterformen. Der Zweiphasengleichrichter wird dabei besonders ausführlich behandelt.

Das Buch bildet einen wertvollen Beitrag zur Theorie des Gleichrichtes, nur hat meines Erachtens der Mathematiker zu viel das Wort und zu wenig der Ingenieur. Das ganze Buch, besonders die Abschnitte 2 und 3, hätten viel an Übersichtlichkeit und Klarheit gewonnen, wenn neben den analytischen Berechnungen der physikalische Zusammenhang der Ergebnisse mehr hervorgehoben wäre; auch hätte die Prüfung der rechnerischen Ergebnisse mittels praktischer Messungen und Oszillogramme die Lesbarkeit des Buches dem Ingenieur, für den das Buch schließlich bestimmt ist, sehr erleichtert. Im übrigen kann man mit Interesse dem zweiten Bande dieses Werkes entgegensehen.
[E 951] Krijger.

Die elastischen Platten. Von Dr.-Ing. A. Nádai. Die Grundlagen und Verfahren zur Berechnung ihrer Formänderungen und Spannungen, sowie die Anwendungen der Theorie der ebenen, zweidimensionalen elastischen Systeme auf praktische Aufgaben. Berlin 1925, Julius Springer. VIII u. 326 S. 187 Abb. u. 8 Zahlentaf. Preis geb. 25 *M.*

Für diese schöne zusammenfassende Behandlung eines Zweiges der mathematischen Elastizitätstheorie, der in den letzten Jahrzehnten eine besondere Förderung und Ausgestaltung erfahren hat, hat sich der Verfasser den Dank eines großen Leserkreises erworben.

Die Kapitel über die Wirkung von konzentrierten Lasten und ihre mathematische Behandlung durch trigonometrische Reihen, die Anwendungen der winkeltreuen Abbildung und die Heranziehung der Integralgleichungen dürften besonders den Lesern willkommen sein, die sich über den praktischen Wert und die Tragweite dieser dem Ingenieur sonst ferner liegenden Methoden ein selbständiges Urteil bilden wollen.

Die Näherungsmethoden von Ritz und Timoschenko sowie die Methode der endlichen Differenzen werden eingehend dargestellt. Vielleicht hätte auch das Verfahren von Galerkin Erwähnung verdient, da es die umständliche Berechnung der Verformungsarbeit erspart und tatsächlich einen Fortschritt gegenüber Ritz und Timoschenko bedeutet.

Dem Praktiker werden wohl die Kapitel über die Anwendungen der Theorie auf die Berechnung von versteiften Platten, die z. B. bei Schleusentoren und Eisenbetondecken vorkommen, sowie die eingehende Berücksichtigung der Versuchsergebnisse willkommen sein.

Auf Übersichtlichkeit und leichte Verständlichkeit der mathematischen Entwicklungen ist großer Wert gelegt, so daß das Buch auch mit Vorteil von dem gebraucht werden kann, der nicht allen mathematischen Entwicklungen im einzelnen folgen will.

Es ist nicht möglich, in einer kurzen Besprechung eine Inhaltsangabe dieses reichhaltigen Buches zu geben, das eine gründliche Einsicht in den Mechanismus der in ihrer Ebene und senkrecht zu ihrer Ebene dynamisch oder statisch beanspruchten elastischen Platte vermittelt. [E 979] H. Hencky.

Der Eisenbeton, seine Berechnung und Gestaltung. Von Rudolf Saliger. 5. neu bearb. u. erw. Auflage. Leipzig 1925, Alfred Kröner. 635 S. mit 480 Abb. u. 137 Zahlentaf. Preis geb. 26 *M.*

Die Entwicklung des Eisenbetonbaues ist zwar von so weitgehendem Austausch der Erfahrungen begleitet, daß die führenden Werke über Eisenbeton, zu denen auch das Buch Saligers gehört, das Wichtigste schon gemeinsam haben. Doch ist das Gebiet des Eisenbetonbaues noch fortdauernd in so rascher Entwicklung, daß zur Nutzbarmachung der vorhandenen Erkenntnisse jede sachkundige Hilfe, die vielen Lücken der Erkenntnis noch enger zu machen, zu begrüßen ist. Saliger hat in diesem Sinne schon manches zur Verfügung gestellt und bringt auch in der neuen Auflage seines Buches bemerkenswerte Ergänzungen. Insbesondere wurden die Zahlentafeln zur Bemessung von Bauteilen, die auf Biegung und durch außermittige Längskräfte beansprucht sind, erweitert und verbessert. Besonders beachtenswert sind ferner die erweiterten Darlegungen über die Gestaltung der Bauwerke. Der gesamte Stoff ist übersichtlich gegliedert und in anschaulicher Weise dargestellt.
[E 967] Otto Graf.

Die Welt auf Schienen. Eine Darstellung der Einrichtungen und des Betriebes auf den Eisenbahnen des Fernverkehrs nebst einer Geschichte der Eisenbahn. Von Artur Fürst. 3. Aufl. München 1925, Albert Langen. 500 S. mit 420 Abb. u. 10 Taf. Preis geb. 26 *M.*

Die hundertjährige Eisenbahn. Von Arthur Fürst. München 1925, Albert Langen. 131 S. m 69 Abb. u. 2 Taf. Preis geb. 7,50 *M.*

Fürst ist einer von den wenigen, die in den Schöpfungen der Technik den Geist erkennen, der ihnen innewohnt. So kommt es, daß man beim Lesen seiner Bücher nicht nur versteht, sondern erlebt. Die vorliegende dritte Auflage des Buches „Die Welt auf Schienen" bestätigt wieder aufs neue, daß dem Verfasser

seine Absicht bestens gelungen ist, kein Lehrbuch zu schreiben, sondern ein farbiges und anziehendes Bild dieser gewaltigen Schöpfung des menschlichen Geistes zu malen.

„Die Hundertjährige Eisenbahn" ist ein Auszug aus der „Welt auf Schienen". Er stellt den geschichtlichen Teil des Hauptwerkes dar. [E 973] Dr. G.

Geschichte des Eisens. Von Dr. Otto Johannsen. Düsseldorf 1925, Verlag Stahleisen m. b. H. 2. Aufl. 2480 S. m. 222 Abb. Preis 20 ℳ.

Wenige Monate nach Erscheinen der ersten Auflage wird vom Verein deutscher Eisenhüttenleute die zweite Auflage der von Johannsen bearbeiteten gemeinfaßlich dargestellten „Geschichte des Eisens" herausgegeben. Beweis dafür, wie groß das Bedürfnis nach einem solchen mustergültig zusammengestellten Werk ist, das in klarer, kurzer Form einen großen Wissensstoff enthält. Die neue Auflage weist verschiedene kleine Verbesserungen auf. Eingehend ist das Buch in Z. Bd. 68 (1924) S. 1231 besprochen worden. [E 964] Gw.

Arbeitswissenschaft und Psychotechnik in Rußland. Von Dr. Baumgarten. Berlin und München 1924, R. Oldenbourg. 147 S. m. 8 Abb. Preis geh. 3,60 ℳ.

Das Gebiet der Arbeitswissenschaft und Psychotechnik hat mit Ausbruch der russischen Revolution oder vielmehr infolge der Revolution, die auf der einen Seite fast alles zerstörte und auf der andern Seite die Arbeitspflicht aller Bürger einführte, einen beachtlichen Aufschwung erfahren. Man liest, daß sich in Rußland zurzeit bereits über 60 Stellen mit der wissenschaftlichen Erforschung der Arbeit befassen sollen. Die Spitze bildet das Zentralinstitut in Moskau, dem Gastew, ein Ingenieur, vorsteht. Von den andern seien nur die in Petersburg, Charkow und Kasan erwähnt, deren Tätigkeit das Büchlein schildert. Die wissenschaftliche Arbeitsorganisation greift jedoch in Rußland über die Institute hinaus und wird allmählich zu einer nationalen Bewegung. Zwei Richtungen lassen sich unterscheiden: Die eine strebt nach höchster Mechanisierung und Automatisierung der Arbeit um jeden Preis (Gastew: „Marxismus plus Amerikanismus"), die andre stellt den Menschen in den Vordergrund.

Sachlich bietet die Arbeit dem deutschen Praktiker wenig Neues. Ihr Wert liegt vornehmlich auf dem Gebiete der Auslandkunde für diesen Zweig der Wissenschaft. [E 963] Dr. Fr.

Konstruktion und Material im Bau von Dampfturbinen und Turbodynamos. Von O. Lasche, 3. umgearb. Aufl. von W. Kieser. Berlin 1925, Julius Springer. 190 S. m. 377 Abb. Preis 18,75 ℳ.

Wasserkraft-Jahrbuch 1924. Herausg. von K. Dantscher u. Carl Reindl. München 1925, Richard Pflaum. 612 S. m. 279 Abb. Preis 24 ℳ.

Hochfrequenztechnik. Von Friedrich Franz Martens. Braunschweig 1925, Vieweg & Sohn. 176 S. m. 153 Abb. Preis 6 ℳ.

Sammlung Vieweg H. 78: **Theorie des Entmagnetisierungsfaktors und der Scherung von Magnetisierungskurven.** Von Joseph Würschmidt. Braunschweig 1925, Vieweg & Sohn. 118 S. m. 31 Abb. Preis 6 ℳ.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften T. II: **Der Brückenbau.** 4. Aufl. Bd. VI Kap. 1 u. 2: Theorie der eisernen Bogenbrücken und der Hängebrücken. Konstruktion der Hängebrücken. Bearb. von J. Melan. Leipzig 1925, Wilhelm Engelmann. 335 S. m. 276 Abb. Preis geh. 19 ℳ, geb. 22 ℳ.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften T. II: **Der Brückenbau.** 4. Aufl. Bd. VII Kap. 1: Die eisernen Brückenpfeiler. Herausg. von H. Kayser. Leipzig 1925, Wilhelm Engelmann. 237 S. m. 319 Abb. Preis geh. 12 ℳ, geb. 15 ℳ.

Entwicklung und gegenwärtiger Stand des Metallflugzeugbaues. Von C. W. Erich Meyer. 2. verm. u. verb. Aufl. Dresden-A. 1925, Hellmut Droscha. 31 S. m. 86 Abb. Preis 2,10 ℳ. (Sonderabdruck aus der Deutschen Motor-Zeitschrift.)

Diesellokomotiven und ihr Antrieb. Von Wilhelm Bauer. München 1925, C. W. Kreidel. 96 S. m. 50 Abb. Preis 8,70 ℳ.

Monographien zur Feuerungstechnik, Heft 7: **Das Wasser in der Dampf- und Wärmetechnik.** Von C. Blacher Leipzig 1925, Otto Spamer. 294 S. m. 45 Abb. Preis geh. 16,50 ℳ, geb. 18 ℳ.

Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung zu Düsseldorf. Herausg. von Friedrich Körber. Bd. VI Lfg. 1—8. Düsseldorf 1925, Verlag Stahleisen. 135 S. m. 114 Abb. u. einig. Taf. Preis in Heften 11 ℳ, geb. 13 ℳ.

Akershus Elektricitetsverk og av Raanaasfoss Kraftverk. Herausg. im Auftrage des Werkes von Aug. Paus. Oslo 1925, Crondahl & Sons. 170 S. mit 141 Abb. Preis 14 norw. Kr.

Der Spritzguß. Handbuch z. Herstellung v. Fertigguß in Spritz-, Preß-, Vakuum- u. Schleuderguß. Von Alfred Uhlmann. 2. erw. Aufl. Berlin 1925, M. Krayn. 344 S. m. 261 Abb. Preis geh. 16 ℳ, geb. 18 ℳ.

Technische Vorschriften für Bauleistungen. Aufgest. vom Reichs-Verdingungsausschuß. Berlin 1925, Bauwelt-Verlag. 163 S. Preis 1,60 ℳ.

Die Feile und ihre Entwicklungsgeschichte. Von Otto Dick. Berlin 1925, Julius Springer. 251 S. m. 278 Abb. Preis 18 ℳ.

Grundnormen. DIN-Taschenbuch 1. Herausg. v. Normenausschuß d. Deutschen Industrie. Berlin 1925, Beuth-Verlag. 175 S. Preis 4 ℳ.

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften. Herausg. v. d. Schriftleitung der „Naturwissenschaften". Bd. IV. Berlin 1925, Julius Springer. 242 S. m. 62 Abb. Preis geh. 15 ℳ, geb. 16,50 ℳ.

Die Grundlehren der Mathemat. Wissenschaften in Einzeldarstellungen, Bd. IV: **Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers.** Von Erwin Madelung. 2. verb. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 283 S. m. 20 Abb. Preis geh. 13,50 ℳ, geb. 15 ℳ.

Aprovechamiento de las Energias naturales. Von Juan Gelpi Blanco. Barcelona 1924, Imprenta Altés. 281 S. m. zahlr. Abb. Preis 20 ptas.

Ostwald-Luther. Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physikochemischer Messungen. Herausg. von C. Drucker. 4. neubearb. Aufl. Leipzig 1925, Akademische Verlagsgesellschaft. 814 S. m. 510 Abb. Preis 35 ℳ.

Alte Vorstellungen und neue Tatsachen der Physik. Von Leo Graetz. Leipzig 1925, Akadem. Verlagsgesellschaft. 120 S. m. 11 Abb. Preis 3,50 ℳ.

Beiträge zur Theorie des Segelns. Von H. Groseck. Berlin 1925, Julius Springer. 69 S. m. 58 Abb. Preis 4,80 ℳ.

Deutscher Nautischer Verein. Verband Deutscher Seeschiffer-Vereine. **Verhandlungen des XII. Deutschen Seeschiffahrtstages** am 30. und 31. März 1925. 180 S. Preis 3,50 ℳ.

Über die Gesundheitsgefährdung bei der Verarbeitung von metallischem Blei. Von Hans Engel. Berlin 1925, Julius Springer. 40 S. Preis 2,70 ℳ.

August Thyssen und sein Werk. Von Paul Arnst. Leipzig 1925, G. A. Gloeckner. 80 S. Preis 4 ℳ.

Wirtschaftliches Arbeiten. Berlin 1925, Beuth-Verlag-G. m. b. H. 86 S. m. versch. Abb. Kostenlos.

Großtaten der Technik 1926. Abreißkalender für Alle. Stuttgart 1926, Dieck & Co. Preis 2,40 ℳ.

Praxis des Radio-Amateurs. Von Karl Schönbauer u. Anton Zeemann. II. u. III. Bd.: Schaltungs- u. Übungsbuch des Radio-Amateurs. 1. u. 2. Hälfte. Wien u. Leipzig 1925, A. Hartleben. Bd. II 84 S. m. 51 Abb. Preis 2,50 ℳ. Bd. III 100 S. m. 29 Abb. Preis 2,50 ℳ.

Statistisches Jahrbuch für den Freistaat Preußen. Bd. 21. Herausg. vom Preußischen Statistisch. Landesamt. Berlin 1925, Verlag d. Preußischen Statistisch. Landesamts. 299 S. Preis 4 ℳ.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS

BD. 69 | SONNABEND, 28. NOVEMBER 1925 | NR. 48

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1516.

Das Wasserkraftwerk Partenstein in Oberösterreich.

Von Ingenieur Georg v. Troeltsch, Heidenheim.

Das zurzeit stärkste Wasserkraftwerk Österreichs befindet sich nördlich der Donau am Abhang des Böhmerwaldes, arbeitet jedoch mit alpinen Werken zusammen, und zwar als Wochenspeicherwerk. Niederschlaggebiet, Stauweiher, Druckstollen, ein neuartiges Wasserschloß und die Druckrohrleitung werden beschrieben. Die Spiralturbinen mit stehenden Wellen sind in tiefe Schächte eingebaut. Das ausgenutzte Gefälle beträgt 179 m, die Turbinen leisten je 15 400 PS. Schmierung der Halslager und des Spurlagers; Geschwindigkeits- und Druckregler; Bremsturbine. Jahresleistung der Anlage.

Wasserverhältnisse.

Das zu Ende des Jahres 1924 in Betrieb gesetzte Elektrizitätswerk Partenstein der Oberösterreichischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-A.-G. (OWEAG), Abb. 1, nützt die Wasserkraft der „Großen Mühl" aus. Das Einzuggebiet bis zum Wehr umfaßt 525 km² und liegt auf der dem Böhmerwald im Südwesten vorgelagerten Hochebene, dem sogenannten Mühlkreis. Es ist waldreich und zeichnet sich durch eine ziemlich gleichmäßige Wasserführung aus mit den für Mittelgebirgsflüsse kennzeichnenden reichlichen Wassermengen in den Monaten Februar bis Mai und niedrigen Wasserständen vom August bis Oktober. Die während zehn Jahren gemessene mittlere Niederschlaghöhe beträgt 1040 mm im Jahre, die mittlere Abflußmenge der Mühl 9,4 m³/s, das sind 56 vH der Niederschlagmenge. Als kleinstes Monatsmittel des Abflusses wurden 2,8 m³/s und als sechs Monate lang nicht unterschrittene Wasserführung 6 m³/s festgestellt.

Abb. 1. Ansicht des Krafthauses nebst Rohrleitung und Schaltgebäuden.

Eine Eigentümlichkeit des Flußlaufes ist, daß er in der mittleren Strecke ein auffallend schwaches Gefäll aufweist, dann in tief eingeschnittener Schlucht die letzten zehn Kilometer bis zur Einmündung in die Donau mit einem Höhenunterschied von 175 m durchbraust. Diese Zusammendrängung des Gefälles ist für die Anlagekosten von Vorteil, und die verhältnismäßig geringen Wassermengen, die bei so hohem Gefäll ansehnliche Leistungen erzielen lassen, machen die Anlage von Speicherwerken lohnend, wodurch weiterhin die Wirtschaftlichkeit erhöht wird.

Zunächst wurde die Mühl an der Entnahmestelle bei Langhalsen zu einem Becken von 906 000 m³ Gesamtinhalt aufgestaut, von dem bei etwa 5 m Spiegelschwankung 735 000 m³ nutzbar sind. Dieser Stauraum ermöglicht, die wöchentlich zufließende Wassermenge während der 48 Arbeitstunden im Mittel mit 15 m³/s auszunutzen. Bei solchen Wochenspeichern wird die über den ständigen Zulauf hinaus entnommene Wassermenge während der Nachtstunden teilweise ersetzt, die Spiegelhöhe beim Arbeitsbeginn sinkt aber von Montag bis Samstag, um dann in der etwa 40stündigen Sonntagspause wieder die volle Höhe zu erreichen.

Für später ist bei Haslach, etwa 10 km oberhalb des bereits angelegten Speicherweihers, ein Jahresausgleichbecken von 40 Mill. m³ geplant, das eine Talsperre von 34 m Höhe und 360 m Kronenlänge bedingt. Die kleinste Wassermenge soll dadurch auf 6 m³/s gehoben werden.

Der Staudamm zwischen der jetzt unter Wasser gesetzten Ortschaft Langhalsen und Neufelden hat 9 m Höhe über der Flußsohle und 100 m Kronenlänge und enthält zum Abführen von Hochwasser (etwa 400 m³/s) und Eis einen Grundablaß mit zwei elektrisch bedienten eisernen Doppelschützen von 8 m l. W. und 9 m Höhe sowie ein selbsttätiges 1,6 m hohes und 4 m breites Sektorwehr.

Die Bauten für die Wasserführung.

An der Biegung des Stausees von U-förmiger Fläche, etwa 300 m oberhalb des Dammes, liegt das in das Steilufer eingebaute Einlaufbauwerk mit Grob- und Fein-

Abb. 2. Längsschnitt durch das Einlaufbauwerk.

steins nicht einwandfrei erschien, wurden in Längen von 100 bis 200 m vorübergehend durch eiserne Deckel abgeschlossen und dem zugehörigen Betriebsdruck entsprechend abgepreßt. Zeigten sich dabei erhebliche Wasserverluste, so wurde in die betreffende Stollenlänge nachträglich eine Eisenbewehrung eingelegt und mit der Zementkanone eine 7,5 cm dicke, zugfeste, undurchlässige Eisenbetonhaut geschaffen. Der lichte Durchmesser beträgt dort 2,8 m, Abb. 7. An einigen besonders gebrächen Stellen wurde der Ausbruch mit Kunststeinblöcken ausgemauert und innerhalb

Abb. 5 und 6. Querschnitte des Stolleneinlaufes.

Abb. 3. Schnitt *A-B*.

Abb. 2 bis 6. Einlaufbauwerk für den Druckstollen.

Abb. 4. Lageplan.

rechen sowie drei Einlaufschützen, Abb. 2 bis 6. Hier beginnt der 5,6 km lange Druckstollen, dessen Sohle bis zum Wasserschloß um rd. 30 m fällt; sein Scheitel liegt am Einlauf 6,5 m unter dem Wasserspiegel des gefüllten Speicherbeckens und erfährt am unteren Ende einen Druck von 37 m, der sich infolge der lebendigen Kraft des Wassers bei plötzlicher Entlastung der Turbinen auf etwa 42 m steigern kann.

Dieser hohen Beanspruchungen halber erhielt der Stollen kreisförmigen Querschnitt sowie eine mindestens 20 cm dicke Auskleidung aus Beton, die im druckfesten Granit ohne Eiseneinlagen blieb und 2,95 m lichten Durchmesser aufweist. Strecken, in denen die Festigkeit des Gesteins nicht einwandfrei erschien, wurden in Längen von 100 bis 200 m vorübergehend durch eiserne Deckel abgeschlossen und dem zugehörigen Betriebsdruck entsprechend abgepreßt.

dieses Schutzes die Betonauskleidung angebracht, Abb. 8. Nach einem etwa 1 km langen Anfangsstollen wird das Mühlbett mit einem eisernen Rohr auf einer Betonbrücke überquert, woran sich der Hauptstollen anschließt.

Das Wasserschloß, Abb. 9, vor dem Austritt des Stollens aus dem Berg, an dessen Fuß das Kraftwerk

liegt, ist als Steigschacht von 4 m Dmr. mit einem 54 m langen, 5,7 bis 4,4 m weiten Entlastungsstollen unterhalb der Höhe des abgesenkten Weiherspiegels und mit einem oberen 10 m hohen kreisförmigen Behälter von 13,5 m Dmr. ausgebildet. In diesem setzt sich der Schacht in Gestalt eines Steigrohres fort, so daß der Druck des beim Schließen von Turbinen aufpuffernden Wassers rasch zunimmt und so der zu verzögernden Wassersäule im Stollen schnell den erforderlichen Rückdruck entgegensetzt, wodurch die

Abb. 7 und **8.** Druckstollenquerschnitte in weniger festem Gestein. M. 1 : 100.

Abb. 9. Wasserschloß. M. 1 : 300.

Abb. 10 und **11.** Höhenplan und Grundriß der Druckrohrleitung nebst Maschinenhaus. M. rd. 1 : 1500.

Abb. 12 bis 14. Turbinenschächte mit Turbinen, Reglern und Stromerzeugern.

Spiegelschwankungen im Wasserschloß gedämpft werden. Das über das Steigrohr in den Behälter geflossene Wasser entleert sich langsam durch verhältnismäßig enge Öffnungen am Fuß in den Schacht, was wiederum zur Verminderung der Wasserschwingungen beiträgt. Der Wasserinhalt des Seitenstollens dient als Vorrat für den Fall plötzlicher Zunahme des Wasserbedarfs an den Turbinen, bis der Inhalt des Druckstollens die entsprechend größere Geschwindigkeit erlangt hat.

Etwa 50 m hinter dem Steigschacht endigt der Druckstollen in einem Betonpfropfen, in dem die Eisenrohrleitung einbetoniert ist, die noch weitere 50 m in einem Rohrstollen verläuft. Beim Austritt aus dem Berg ist ein Venturirohr, von dem noch die Rede sein wird, und eine selbsttätige Rohrbruchklappe eingeschaltet.

Druckleitung. Von hier aus führt ein 350 m langer Rohrstrang zum Maschinenhaus hinab. Abb. 10 und 11 geben den Höhenplan und den Grundriß der Rohr-

Schnitt I-K

Oelkühler

Bergseite

Abb. 14.

leitung wieder. Der Durchmesser nimmt in drei Zonen von 2,4 m auf 2,2 und 2,0 m ab, die Blechdicke von 12 auf 26 mm zu. Die 8 m langen Rohrschüsse sind mit Wassergas überlappt geschweißt und im obern Teil der Rohrfahrt durch Muffennietung, unten durch Flansche miteinander verbunden. Die Rohrleitung ist offen auf Betonsockeln verlegt und enthält unter jedem der drei Festpunkte eine Ausdehnungsmuffe. In dem obenerwähnten Betonpfropfen ist noch ein 1,8 m weiter Anschluß für eine zweite Rohrleitung vorgesehen, die verlegt werden soll, wenn beim späteren Ausbau des Werkes der Betrieb aller drei Turbinen die Regel bilden wird.

Maschinenanlage.

Die Ausgestaltung des Maschinenhauses ist nicht nur durch die Enge des Bauplatzes, sondern auch durch folgenden Umstand wesentlich beeinflußt worden: Das Gefälle des Flusses, das vom Krafthaus bis zum Oberwasser einer dicht vor der Einmündung in die Donau liegenden Wassermühle noch vorhanden ist und etwa 17 m beträgt, wobei der Fluß eine Schleife um den vom Schlößchen Partenstein gekrönten Felsriegel bildet, sollte noch ausgenutzt werden. Dies konnte nur durch einen tiefliegenden Unterwasserstollen von 650 m Länge erreicht werden, der bei Hochwasser von seiner Ausmündung her vollständig gefüllt ist. Zu solchen Zeiten übt er als geschlossener Saugstollen auf die Regelung der Turbinen einen unerwünschten Einfluß aus, der durch die Anlage eines Pufferschachtes unmittelbar hinter den Turbinenschächten eingeschränkt werden mußte. Während des Baues wurde in diesem Schacht eine Hilfsturbine von 700 PS eingebaut und mit 18,7 m Gefälle betrieben.

Die Lage des Unterwasserstollens tief unter dem Wildbett der Mühl machte einen Schacht von 23 m Tiefe erforderlich, worin die Francis-Spiralturbinen mit stehenden Wellen eingebaut sind. Zum Schutze der Schachtmauern gegen den Druck des aus dem Gebirge dringenden Sickerwassers und des Hochwassers der Mühl wurde die Baugrube weiter ausgeschachtet, als an sich nötig gewesen wäre. Der Maschinenhaus-Unterbau wurde in Eisenbeton ausgeführt, mit Zementmörtel verputzt und mit Asphalt, Dachpappe und Dachlack überzogen. Dann wurde der Zwischenraum bis zu den Wänden der Baugrube mit einem porösen, durch eingelegte Rohre entwässerten Beton ausgefüllt.

Das in wagerechten Sammelkanälen aufgefangene Sickerwasser wird durch Eisenrohre in den Turbinenschacht und durch Kanäle im Turbinenflur in einen Sumpf geleitet, aus dem es bei niedrigem Wasserstand durch zwei große selbsttätige Bodenventile dem Unterwasserkanal zufließt. Bei hohen Wasserständen im Unterwasserkanal schließen sich die Bodenventile, und das Wasser wird durch eine im Sumpf befindliche Kreiselpumpe, deren stehende Welle von einem Elektromotor im Turbinenraum angetrieben wird, ins Unterwasser hinabgedrückt. Der Motor wird von einem Schwimmer eingeschaltet, wenn das Wasser im Sumpf eine gewisse Höhe erreicht. Als Aushilfe für die Pumpe ist noch eine mit Druckwasser betriebene Strahlpumpe eingebaut. Gelegentliches Leck- und Schwitzwasser der Turbinen sammelt sich in einem kleineren Sumpf und wird durch ein Schnüffelventil in das Saugrohr abgeführt.

Das Druckrohr durchdringt in der Höhe der Turbinen das Grundmauerwerk und endigt in einem sich verjüngenden, mit drei Anschlußstutzen versehenen Verteilrohr, an das die Turbinen mit je einem Absperrschieber von 1000 mm Durchgang angeschlossen sind. Des bedeutenden Wasserdruckes halber sind die Schieber aus Stahlguß gefertigt und mit Umleitentlastung versehen. Die Schieberplatten werden mittels Drucköles aus der Reglerleitung hydraulisch gehoben und gesenkt. Die Steuerventile können unmittelbar vom Turbinenboden aus betätigt werden; in Notfällen kann man die Schieber auf elektrischem Wege vom Befehlsraum schließen.

Abb. 12 bis 14 zeigen die Schächte mit den drei Turbinen des endgültigen Ausbaues, Abb. 15, einen senkrechten Schnitt durch Turbine und Saugrohr. Die Turbinen leisten bei 155 m niedrigstem Gefälle je 12 700 PS und machen 600 Uml./min. Das Gefälle kann bis 178,7 m, die Leistung bis 15 400 PS steigen. Die im Obergeschoß stehenden Drehstromerzeuger werden mittels 17 m langer Wellen angetrieben. Diese Maschinensätze, s. a. Abb. 16, sind neben denjenigen des Teigitschwerkes in Steiermark zur Zeit die stärksten in Österreich.

Das Spiralgehäuse von 4 m Dmr. aus Stahlguß ist in einer axialen Ebene geteilt und bis ungefähr zur halben Höhe einbetoniert. Ein gleichfalls aus Stahl gegossener Versteifungsring stellt die Verbindung mit dem Leitrad her, dessen Drehschaufeln mit den die beiden Leitradwände durchdringenden Zapfen ebenfalls aus Stahl bestehen. Die Zapfen bewegen sich in jederzeit schmierbaren Bronzebüchsen, und ihre Lagerstellen sind sorgfältig gegen den Zutritt von Wasser abgedichtet. Die oberen Schenkel tragen die Regulierhebel, die an dem gemeinsamen Verstellring gelenkig befestigt sind. Die Leitradwände und Ringspalte gegenüber dem Laufrad sind mit leicht auswechselbaren Stahlringen bewehrt.

Das aus Sonderbronze gegossene Laufrad hat 1300 mm Dmr. und 200 mm Einlaufbreite. Die bis 375 mm dicke Turbinen- und Dynamowelle ist dreiteilig und sowohl in ihren Teilen als auch mit dem Laufrad durch angeschmiedete Flansche verschraubt. Das Spurlager stützt sich auf einen im Geschoß zwischen dem Turbinen- und dem Dynamoraum aufgestellten Lagerbock, der zugleich das obere Führungslager für die Turbinenwelle umfaßt. Das untere Führungslager ruht in einem Aufsatz auf dem Turbinendeckel und ist durch Absperrlabyrinthe mit Wasserableitungen gegen das Spaltwasser geschützt.

Die Abstützung des zu 60 000 kg berechneten Spurlagerdrucks auf den Zwischenboden statt wie sonst üblich auf das obere Armkreuz des Stromerzeugers geschah auf Wunsch der OWEAG in der Absicht, den Dynamoboden

Zum Gleichhalten der Geschwindigkeit und zum Anpassen des Wasserverbrauches an die Belastungsänderungen ist auf dem Zwischenboden neben dem Spurlager je ein Geschwindigkeitsregler aufgestellt, der mittels senkrechter Welle von 250 mm Dmr. und Hebel auf den Verstellring der Turbine einwirkt. Die Regler sind ebenso wie die Turbinen von der Maschinenfabrik J. M. Voith in Heidenheim a. d. Brenz und St. Pölten, Niederösterreich, geliefert. Sie sind mit einem hochempfindlichen Fliehkraftpendel mit nachgiebiger Rückführung und einem einfach vorgesteuerten Steuerventil am Hilfszylinder für 4000 mkg Arbeitsfähigkeit versehen. Der Öldruck wird in einem eigenen, im Spurlager- und Reglergeschoß aufgestellten Reglerpumpensatz mit Elektromotor, Zahnradpumpe und Windkessel erzeugt, der auch das Drucköl zum Betätigen des erwähnten Turbinenabsperrschiebers und des Druckreglers liefert.

Der Druckregler ist ein vom Einlaufstutzen des Spiralgehäuses abzweigender Nebenauslaß, dessen Ventilkegel in dem Maße geöffnet wird, wie die vom Geschwindigkeitsregler verstellten Leitschaufeln den Wasserzutritt zur Turbine verringern. Der Zweck ist, bei plötzlichen Entlastungen der Turbine zunächst keine Verzögerung des Wassers und folglich auch keine Druckstöße eintreten zu lassen, die bei den zur genauen Geschwindigkeitsregelung erforderlichen raschen Schließbewegungen der Leitschaufeln ein die Rohrleitung gefährdendes Maß erreichen könnten. Damit dauernde Wasserverluste vermieden werden, schließt sich nach dem Regelvorgang der Nebenauslaß unter dem Einfluß einer Ölbremse mit einer zum Vermeiden von Druckstößen beliebig einstellbaren langsamen Bewegung. Das Schließen besorgt ein vom Gestänge der Geschwindigkeitsregelung gesteuerter Druckölzylinder. Geöffnet wird der Druckregler durch den Wasserdruck, wenn der Öldruck auf den Arbeitskolben durch die Steuerung verringert wird. Die Rückführung und ein verstellbarer Hebel im Steuergestänge des Druckreglers passen dessen Öffnungswege dem Schließgesetz der Turbine so weit an, daß eine äußerst genaue Geschwindigkeitsregelung ohne größere Drucksteigerungen als solche von etwa 10 vH erreicht wird.

Zu einer möglichst vollständigen wirtschaftlichen Ausnutzung des Stauweiherinhalts ist genaue Kenntnis der jeweiligen Stauspiegelhöhe und des Wasserverbrauchs der Turbinen erforderlich. Es ist daher ein Wasserstand-

Abb. 15. Spiralturbine mit stehender Welle von 15 400 PS bei 178,7 m Gefäll und 600 Uml./min.

zu entlasten, da dieser ohnehin durch das Gewicht des Ankergehäuses und die auftretenden Kräfte stark in Anspruch genommen und durch die Kühlluftkanäle durchbrochen wird.

Das Spurlager ist als Segmentringlager ausgebildet, dessen Schuhe einzeln auf außermittlich angeordneten radialen Kippkanten beweglich sind. Das zwischen den Schuhen zugeführte Schmieröl wird durch den oberen Spurring von 770 mm Dmr. fortdauernd in den sich schwach keilförmig einstellenden Ölfilm eingesogen, der dadurch größte Tragfähigkeit und Beständigkeit erhält.

Das Öl läuft vom Spurlagergehäuse einer im Zwischengeschoß aufgestellten elektrisch angetriebenen Umlaufpumpe zu, die es durch ein Ölfilter und eine Kühlvorrichtung dem Lager wieder zuführt. Auch die Halslager der Turbinen und Stromerzeuger werden mit umlaufendem Öl geschmiert, für das die gleichfalls elektrisch betriebenen Pumpen auf dem Turbinenboden aufgestellt sind. Die beiden Schmieranlagen sind je für die drei Maschinensätze gemeinsam angeordnet. In jeder Gruppe sind die Pumpen und Elektromotoren doppelt vorgesehen, so daß für alles Ersatz bereit steht. In den beiden Ölrohrnetzen ist außer dem Saugbehälter der Pumpe noch je ein über dem Dynamoboden angebrachter Hochbehälter eingeschaltet, der zum Ausgleich und zur Aushilfe dient.

Abb. 16. Werkstattaufnahme der 15 400 PS-Spiralturbine nebst Druckregler und Bremsturbine, im Hintergrund der Absperrschieber.

Abb. 17. Innenansicht der Maschinenhalle im Elektrizitätswerk Partenstein.

anzeiger am Stauweiher vorhanden und zur genauen Messung der den Turbinen zufließenden Wassermenge ein Venturirohr in die Druckrohrleitung nächst dem Wasserschloß eingebaut, das die bis 22,5 m^3/s betragende Wassermenge zuverlässig angibt. Der Druckunterschied zwischen dem Eintrittquerschnitt zum Venturirohr und dem Querschnitt an der engsten Stelle mißt die Durchflußmenge, die sich mit der Quadratwurzel des Druckunterschiedes ändert. Die Angaben des Wassermengenanzeigers im Drosselklappenhaus und des Pegels im Staubecken werden durch Selbstschreiber aufgezeichnet und elektrisch auf Fernanzeiger im Kraftwerk übertragen.

Von den Prüfeinrichtungen der Anlage sind weiterhin zu erwähnen: die Druckmesser für das Betriebswasser auf der Druck- und der Saugseite der Turbinen, für Spaltwasserableitungen, Halslager- und Spurlagerpumpen, Spurlager-Ölleitungen, für Kühlwasser, Reglerölpumpen und Handpumpen; ferner für jeden Maschinensatz 25 elektrische Widerstandsthermometer für Turbinen- und Dynamolager, Kühlluft der Stromerzeuger usw., deren Wärmegradangaben alle mittels Druckknopfschaltung auch im Befehlsraum abgelesen werden können.

Zur Abkürzung der Auslaufzeit der umlaufenden Massen beim Stillsetzen der Maschineneinheiten ist zwischen die Flansche des unteren und des mittleren Wellenstücks ein Peltonlaufrad geschraubt, das, von einer Düse beaufschlagt, eine gegenläufige Bremsturbine bildet, Abb. 15 und 16. Die Wasserzuleitung sowie das Gehäuse sind an der Deckenverstärkung des Turbinenraumes befestigt. Das als entlasteter Ringschieber ausgeführte Anlaßventil zu dieser kleinen Freistrahlturbine wird vom Regulierboden aus bedient.

In die Saugrohre der Spiralturbinen ist unmittelbar unter dem Laufrad ein leicht entfernbares Zwischenstück mit Mannloch eingesetzt, damit man zum Nachschauen an das Laufrad gelangen und es auch nach unten ausbauen kann. Die gekrümmten unteren Enden der Betonsaugkanäle führen schräg in den unter der Verteilleitung beginnenden Unterwasserstollen. In diesen mündet auch der neben den Saugrohren angeordnete gemeinsame Abströmkanal der Druckregler, der außerdem das Spaltwasser und das Abwasser der Bremsturbinen aufnimmt.

Im Kraftwerk ist über dem Pufferschacht ein Hilfsmaschinensatz aufgestellt, bestehend aus einer Freistrahlturbine von 550 PS und 500 Uml./min und drei unmittelbar gekuppelten Stromerzeugern. Der eine davon erzeugt bis 350 kVA Drehstrom für den eigenen Bedarf und die Nahverteilung, da ja die großen Turbinen nur einige Stunden am Tage laufen sollen. Auf der andern Seite der Hilfsturbine befinden sich eine Gleichstromdynamo für 110 kW und eine Zusatzlademaschine, die in Verbindung mit einer Speicherbatterie den Gleichstrom liefern zum Antrieb der Ölpumpen für Lager, Regler und Transformatoren, zum Antrieb der Hebezeuge und zum Betätigen der Ölschalter.

Die mit der Turbinenwelle gekuppelten Drehstromerzeuger, Abb. 17, sind für je 12 000 kVA Leistung und 5500 V Maschinenspannung gebaut. Ein Laufkran mit drei Motoren und 9,5 m Spannweite für 50 t Tragkraft bestreicht die Maschinenhalle. Die Schalter für die Kranmotoren sind ortfest an einer Übersicht gewährenden Stelle angeordnet; die Hubbewegungen können außerdem durch Druckknöpfe geschaltet werden, die bei jedem Maschinensatz in allen drei Stockwerken angebracht sind.

In einem Anbau an der Bergseite des Maschinenhauses befindet sich in Höhe der über den Stromerzeugern angeordneten Erregerdynamos der Befehlsraum, der alle Schaltpulte, Meßvorrichtungen, Anzeiger für Schalterstellungen, für Ölstand, Öl- und Lagertemperaturen und schließlich Gefahrmelder für nicht betriebmäßige Zustände der Schmier- und Kühlvorrichtungen enthält. Die Erregermaschinen sind vom Befehlsraum über Laufstege erreichbar und werden vom Schalttafelwärter beaufsichtigt, außerdem befinden sich Bedienungsmannschaften im Zwischenstock mit den Reglern und Spurlagern, während der Maschinenraum mit den Stromerzeugern und die Turbinengeschosse ohne ständige Wartung bleiben.

Zur Vereinfachung der Schaltanlage und Erhöhung der Betriebsicherheit ist jeder Drehstromerzeuger mit einem Transformator von voller Maschinenleistung durch Kabel verbunden. Diese Hauptumspanner haben also 12 000 kVA Dauerleistung und ein Spannungsverhältnis von 5500 : 110 000 V; sie sind im Freien aufgestellt, während für die Hochspannungsschalter ein Schaltgebäude errichtet wurde.

Eine 31 km lange Doppelfernleitung führt den hochgespannten Strom nach dem Verteilwerk Wegscheid bei Linz a. d. Donau. Die Stahlaluminiumseile sind auf

Gittermasten verlegt. Eine Weitspannung von 485 m über ein tief eingeschnittenes Bachtal und die Donauüberquerung mit 320 m Spannweite sind mit Bronzeseilen ausgeführt. Von Wegscheid wird Strom nach Gresten zum Anschluß an die nach Wien führende 100 kV-Leitung und ferner 45 000 V- und 10 000 V-Strom nach Linz, Wels und Steyr weiter geleitet. Die Dampfkraftanlage in der Waffenfabrik Steyr dient für das Überlandnetz als Wärmekraft-Aushilfswerk.

Die Jahresleistung des Partensteinwerkes berechnet sich je nach den bisher beobachteten Niederschlagmengen auf 65 bis 100 Millionen kWh, wovon 44 bzw. 48 Mill. kWh auf den durch den Wochenspeicher gesicherten Tagesstrom, der Rest auf den nur bei besonders hohen Wasserständen außerhalb der Fabrikzeit erzeugbaren Strom kommt, der als Abfallstrom billiger geliefert wird. Dabei ist Betrieb mit nur zwei Turbinen vorausgesetzt; beim Betrieb mit drei Turbinen erhöhen sich die Grenzen um etwa 12 Mill. kWh, und zwar für den hochwertigen Tagesstrom mehr als für den Abfallstrom.

Nachdem sich zwei Turbinen in mehrmonatlichem angestrengten Betriebe durch vertragsgemäße Leistung, ruhigen Gang und genaue Regelung bewährt haben, wurde vor kurzem zur Befriedigung des steigenden Kraftbedarfs die dritte Turbine nachbestellt. [B 372]

Einfluß von Wechselstromleitungen auf Erdströme[1]).

Der Erdboden wird häufig bei elektrischen Stark- und Schwachstromanlagen als Rückleitung benutzt. Für Gleichstrom ist die Ausbreitung in der Erde bereits bekannt[2]). Der Strom tritt an den Erdelektroden in den Erdkörper ein und muß hier einen verhältnismäßig hohen Ausbreitungswiderstand überwinden. Im Raume zwischen beiden Elektroden dehnt er sich auf so große Bereiche in die Breite und Tiefe aus, daß diese Zone als merklicher Widerstand nicht in Frage kommt. Ein erhebliches Spannungsfeld ist daher nur in der unmittelbaren Umgebung der Eintrittstellen vorhanden, wo allein nur Störungen oder Gefährdungen durch Stromübertritt auf Lebewesen oder auf Nachbarleitungen entstehen können.

Beim Übertritt von Wechselstrom in die Erde bleiben die Ausbreitungsverhältnisse in der nahen Umgebung der Elektroden fast die gleichen, weil hier die Ohmsche Spannung wegen des großen spezifischen Erdwiderstandes eine überwiegende Rolle spielt. In der räumlichen Zone zwischen den Elektroden jedoch treten wesentlich höhere Spannungen in Erscheinung, als bei Gleichstrom. Der zu überwindende wirksame Ohmsche Widerstand wird $R = \pi^2 f l$, ist also wesentlich von der Frequenz f (Per./s) und der Leitunglänge l abhängig. Außerdem haben die Erdströme eine Selbstinduktion $L = 2\, l \ln \left(\frac{0{,}178}{h} \sqrt{\frac{s}{f}}\right)$, die von der Leitungslänge, vom Erdabstand der Oberleitung h sowie vom spezifischen Erdwiderstand s und der Frequenz abhängt.

Verlauf und Ausbreitung der Erdströme. Die Erdströme breiten sich bei Wechselstrom nicht beliebig in die Tiefe und Breite der Erde aus, sondern bleiben infolge ihrer Verkettung mit den Leitungsströmen in der Nachbarschaft der Hinleitung, ganz gleichgültig, ob die Hinleitung gerade oder gekrümmt oder in einer richtigen Schleife verläuft. Wäre der Ohmsche Erdwiderstand sehr klein, so würde sich der Stromverlauf nur nach der Selbstinduktion richten und sich derart einstellen, daß diese ein Kleinstwert wird, d. h. die Stromfäden würden sich dann ganz an die Oberfläche drängen, so daß die Stromschleife, gebildet aus Hinleitung durch den Draht und Rückleitung durch die Erde, ein möglichst kleines Magnetfeld umschlösse. Nun ist aber der spezifische Erdwiderstand so erheblich, daß sich bei den niedrigen Frequenzen der Starkstromtechnik und auch bei den Tonfrequenzen der Fernmeldetechnik das Bestreben der Stromfäden, nahe an die Erdoberfläche zu gelangen, nur zum Teil auswirken kann. Die Ausbreitungszone ist verhältnisgleich $c \sqrt{\frac{s}{f}}$ und beträgt bei niedrigen Frequenzen einige Kilometer, bei Tonfrequenzen (rd. 5000 Per./s) einige hundert Meter und bei Hochfrequenz (10^6 Per./s) nur noch einige Meter. Die Stromdichte ist unmittelbar unter der Einleitung am größten. Sie beträgt bei normalen Verhältnissen ($f = 50$ Per./s, $h = 10$ m Leitungshöhe und $s = 10^{12}$) 3 A/km² in der Erde für je 1 A Leitungsstrom. Nach außen hin wird die Stromdichte schnell geringer.

Fernwirkung. Auf Leitungen, die in der Umgebung von Starkstromleitungen geführt und an beiden Enden geerdet sind, wird eine Sekundärspannung übertragen, die je nach Auffassung als Spannung der gegenseitigen Induktion oder, als durch Widerstandabzweigung entstanden, betrachtet werden kann. Ihre Amplitude nimmt etwas schneller als exponentiell mit dem Abstand ab und etwas langsamer als exponentiell mit der Wurzel aus der Frequenz. Ihre Phasenverschiebung zum Strom in der Hauptleitung nimmt mit der Entfernung zu. Die Fernwirkung ist bei Doppelleitungen ein geringer Bruchteil der Wirkungen von Einfachleitungen, bei senkrecht übereinanderliegenden Starkstromleitungen fällt sie vollständig fort.

Rückwirkung von Sekundärleitern. Der in einer solchen Nebenleitung fließende Strom ruft wieder Erdrückströme in seiner Umgebung hervor, die unter denselben Gesetzen stehen wie die Erdrückströme der Hauptleitung und mit ihrer Stromdichte eine Rückwirkung auf die Erdströme des Hauptstromes ausüben. Macht man den Richtwiderstand der Nebenleitung durch ausreichenden Kupferquerschnitt und dichte Führung der Leitung in der Erde klein gegenüber dem Richtwiderstand ihrer Erdströme, so kann man die von der Hauptleitung übertragene Spannung erheblich herabsetzen. Die Nebenleitung saugt dann einen großen Teil der benachbarten Erdströme in sich hinein, vermindert dadurch das Spannungsgefäll in der Erde und erzeugt ein magnetisches Gegenfeld, das das Magnetfeld der Hauptleitung zum großen Teil ausgleicht. Derartige Leiter kann man als Schutz- oder Ausgleichleiter benutzen, um Schwachstromleitungen in ihrer Nähe gegen die Fernwirkung von Starkstromleitungen zu schützen. [N 1025]

Berlin-Friedenau. Kähne.

[1]) Auszug aus einer Abhandlung „Die Ausbreitung der Erdströme in der Umgebung von Wechselstromleitungen" von Reinhold Rüdenberg in der Zeitschr. für angew. Math. u. Mech. Bd. 5 (1925) Nr. 5.

[2]) H. Kirchhoff, Gesammelte Werke.

Versuche über Schwingungsfestigkeit im Staatlichen Materialprüfungsamt.

Die Bedeutung wiederholter (schwingender) Beanspruchung von Baustoffen ist schon erkannt worden, als man anfing, Baustoffe planmäßig zu prüfen. Die Ergebnisse der grundlegenden Dauerversuche Wöhlers mit Eisenbahnschienen und -reifen in den 60er bis 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts bildeten lange Zeit die einzige zahlenmäßige Unterlage für den Konstrukteur. Erst 1892 konnte A. Martens die Wöhlerschen Versuche fortsetzen, und 1905 wurde nach seinen Plänen eine Dauerversuchsanlage errichtet, in der zum erstenmal auch Dauerversuche bei höheren Temperaturen durchgeführt werden konnten. Alle diese Versuche wurden mit 40 bis 80 Lastwechseln in der Minute durchgeführt.

Während des Krieges wurden Dauerversuche mit hochfrequenten Schwingungen (100 Per./s) in Angriff genommen, konnten aber über Vorversuche nicht hinausgeführt werden, über die im Ergänzungsheft dieser Zeitschrift für „Technische Mechanik" berichtet wird. Die aus Mangel an Zeit und Mitteln bisher unterbliebene Wiederaufnahme derartiger Versuche ist aber dringend nötig, zumal das Ausland, insbesondere Amerika, hierin einen großen Vorsprung gewonnen hat. [N 936]

Berlin-Dahlem. K. Memmler und A. Schob.

Neue Werkstoffprüfmaschine für Dauerbeanspruchungen.

In einer neuen Prüfmaschine wird der Werkstoff mit sehr hohen Lastwechselzahlen (500 in 1 s) Druck- und Zugbeanspruchungen in der Längsrichtung unterworfen; auf diese Weise läßt sich in sehr kurzer Zeit die Abhängigkeit der Bruchbeanspruchung von der Lastwechselzahl bestimmen. Überschlägige Versuche an bestimmten Stoffen haben gezeigt, daß die mit der neuen Anordnung gewonnenen Ergebnisse im großen und ganzen mit denen übereinstimmen, die sich bei dem gleichen Werkstoff für wesentlich geringeren Lastwechsel (1 in 1 s) ergeben hatten. Bei der hohen Lastwechselzahl treten im Probestab erhebliche Erwärmungen auf. Es ist daher für die Zerreißproben an der Maschine eine Kühlvorrichtung zum Gleichhalten der Temperatur des Probestabes angebracht. Nimmt man die Erwärmung des Probestabes (thermoelektrisch) abhängig von der Belastung (bei abgestellter Kühlung) auf, so ergeben sich hieraus für die verschiedenen Stoffsorten aufschlußreiche Schaulinien. Die in der Versuchsanstalt der Signal-Gesellschaft, Kiel, entwickelte Maschine wird von der Firma Schenck, Darmstadt, hergestellt und vertrieben. Eine ausführliche Darstellung mit Versuchsergebnissen ist in dem demnächst erscheinenden Ergänzungsheft „Technische Mechanik" dieser Zeitschrift enthalten. [N 937]

Kiel. Hahnemann.

Betriebserfahrungen mit neuzeitlichen Holzbearbeitungsmaschinen

nebst Anhang über Holzpflege.

Von J. Gillrath, Betriebsingenieur bei G. Luther, A.-G., Braunschweig.

Erfahrungen mit verschiedenen neuzeitlichen Holzbearbeitungsmaschinen. Vierseitige Hobel- und Kehlmaschinen mit umlaufender Putzmesserwelle, selbsttätige Sandpapierschleifmaschine, Kettenfräsmaschine, selbsttätige Leimfugenmaschine, Kernkastenfräsmaschine.

Die in Betrieben mit Massenerzeugung hauptsächlich verwendeten Maschinen.

Bei der Pendelsäge, Abb. 1, die zweckmäßig mit einer Lauftisch-Langholzsäge, Abb. 2, zusammen in der Nähe des Holzlagerplatzes aufzustellen ist, hat sich der elektrische Einzelantrieb durch den Motor *a* auf den Sägerahmen in Abb. 1 bewährt. Damit die Welle der Pendelsäge ruhig läuft, ist es unbedingt erforderlich, daß der freischwingende Sägerahmen *b* in Abb. 1 große Steifigkeit erhält. Das Ausgleichgewicht *c*, das den Sägerahmen nach rückwärts drückt, darf auf keinen Fall durch ein Drahtseil mit Gewicht ersetzt werden. Ein Reißen dieses Seiles bewirkt kräftiges Vorschwingen des Sägeblattes, das dem bedienenden Arbeiter in der Regel lebensgefährliche Verletzungen zufügt. Falls auf einer Pendelsäge Bohlen bis zu 130 mm Dicke abgelängt werden sollen, ist die Leistung des Antriebmotors nicht unter 6 bis 8 PS zu wählen.

Zum Besäumen der auf der Pendelsäge abgelängten rohen Bretter und Bohlen verwendet man am vorteilhaftesten Besäumkreissägen, Abb. 2, mit eisernem Untergestell und Lauftisch mit Handvorschub, da hierbei das Festkeilen des Holzes in Fortfall kommt. Der Lauftisch *a* ist in der Länge 1 : 2 zu teilen, damit der Arbeiter beim Besäumen von kurzen Brettern nicht den langen Lauftisch zu bewegen hat. Beim Besäumen von langen Brettern und Bohlen sind die beiden Tische *a* durch einen einfachen Steckerverschluß zusammenzukuppeln. Am besten bewährt haben sich Besäumkreissägen, bei denen die Führungsrollen *b* am Lauftisch befestigt sind, die Führungsschienen *c* dagegen am eisernen Untergestell. Damit man auf einer Besäumkreissäge einen einwandfreien geraden Schnitt erhält, müssen Führungsschienen und Rollen auf das genaueste ausgerichtet sein. Man trifft jedoch in den seltensten Fällen eine Besäumkreissäge an, wo das der Fall ist, und von einem geraden Schnitt kann infolgedessen keine Rede sein. Auf dem Lauftisch sind verschiedene Maßstäbe aus Messingblech anzubringen.

Als Kreissäge für feinere Arbeiten, d. h. zum Fertigschneiden der gehobelten Hölzer, haben sich die doppelten Universalkreissägen, Abb. 3, der amerikanischen Firma P. Prcibil, New York, bestens bewährt. Ich habe von diesen Sägen neun Stück in meinem Betrieb und muß gestehen, daß leider bis heute keine deutsche Firma eine gleichwertige Kreissäge auf den Markt gebracht hat. Vorteilhaft an diesen Maschinen sind zwei leicht in der Höhe verstellbare Kreissägenblätter von 400 bis 500 mm Dmr., davon ein Blatt für Längs- und ein Blatt für Querschnitt. Der Tisch hat zwei breite Nuten zur Aufnahme eines Abläng- und Gehrungsschlittens. Am Ablängschlitten ist ein ausziehbarer Maßstab angebracht, damit nach Belieben lange oder kurze Holzstücke ohne Anreißen abgelängt werden können. Außerdem ist dieser Schlitten zum Gehrungsschneiden eingerichtet; durch Einbohren von Stiftlöchern sind bestimmte Gehrungswinkel festgelegt. Zweckmäßig ist der auf dem Tisch angebrachte Längsanschlag, der sich durch ein Handrad verstellen läßt. Die Anlageseite ist seitlich zu verstellen, damit eine stets gerade Führung entsteht. Der Anschlag wird durch eine Schraube mit Handrosette sicher auf dem Tische gehalten und kann schnell entfernt werden.

Bandsägen werden gegenwärtig wohl von allen größeren Holzbearbeitungsmaschinen-Fabriken in gut durchdachter Ausführung geliefert. Ich habe gefunden, daß man nach Möglichkeit eingebaute Elektromotoren bei Bandsägen in Tischlereigroßbetrieben vermeiden soll, da bei beschleunigten Arbeiten Ausbesserungen, selbst wenn die Maschine von einer erstklassigen Firma geliefert ist, nicht zu vermeiden sind und das Ausbauen des Motors und der unteren Sägenrollen mit Schwierigkeiten verknüpft ist.

Damit eine gute Schnittleistung auf einer Bandsäge erzielt wird, müssen vor allem sämtliche Sägenführungen sachgemäß auf das genaueste eingestellt sein. Es darf z. B. nicht vorkommen, daß ein Blatt beim Leerlauf an die hintere Führungsrolle fest angedrückt wird, der Anlauf darf erst dann erfolgen, wenn der Tischler mit dem Schneiden beginnt. Andernfalls bekommt das Bandsägenblatt rückwärts durch das zu starke Anlaufen einen Grat und wird außerdem verbogen. Der gerade Lauf des Sägenblattes wird durch das richtige Einstellen der oberen, verstellbaren Sägenrolle erzielt.

Abb. 1. Pendelsäge.
a Elektromotor *b* freischwingender Sägerahmen *c* Ausgleichgewicht.

Abb. 2. Besäumkreissäge mit Lauftisch.
a Lauftische *b* Führungsrollen *c* Führungsschienen.

Abb. 3. Amerikanische Doppelkreissäge für feinere Arbeiten.

Bei der Anschaffung von Bandsägen für den Großbetrieb soll man Rollendurchmesser unter 800 mm vermeiden. Bei Verwendung von kleineren Sägerollen werden die Blätter zu sehr beansprucht. Für schwere Arbeiten nimmt man 900 bis 1000 mm Rollendurchmesser. Für Modelltischlereien kommen nur Bandsägen mit leicht verstellbarem Tisch in Frage.

Zum Schärfen von Band- und Kreissägen benutzt man am vorteilhaftesten selbsttätige Sägenschärfmaschinen nach Abb. 4. Diese müssen für Kreissägen mit Schrägschliff und für Bandsägen mit Geradschliff eingerichtet sein. Zu empfehlen ist, die Schleifmaschinen an eine Entstaubungsanlage anzuschließen.

Bei der Auswahl von Sägenschärfscheiben ist Vorsicht geboten, denn die beste Sägenschärfmaschine kann mit einer minderwertigen Schleifscheibe keinen guten Schliff erzeugen.

Die sogenannten schwedischen, vierseitigen Hobelmaschinen, Abb. 5, mit vier bis fünf Messerwellen sind in letzter Zeit dadurch verbessert worden, daß der feststehende Putzmesserkasten, der sehr viel Kraft verbrauchte und sich bei deutscher und amerikanischer Kiefer nicht besonders bewährte, durch eine umlaufende Putzmesserwelle ersetzt wurde. Diese Maschine erfordert, wenn sie eine einwandfreie Arbeit liefern soll, eine ganz besonders sorgfältige Behandlung und darf nur von zuverlässigen, intelligenten Leuten bedient werden. Sie hobelt Bretter bis 450 mm Breite in einmaligem Durchgang von 4 Seiten und versieht sie gleichzeitig mit Nut, Feder, Stab und Fase. Vorschub 5 bis 20 m/min.

Dicktenhobelmaschinen, Abb. 6, soll man nur mit einer federnden Gliederzuführwalze *a* und federnden, geteilten Druckbalken *b* verwenden. Eine solche Maschine kann die doppelte bis dreifache Leistung einer Hobelmaschine mit fester Zuführwalze erzielen. Die federnden Gliederzuführwalzen und Druckbalken haben eine Breite von etwa 40 mm, und die ganze Hobeltischbreite kann auch bei schmalen Brettern und Leisten bis zu 5 mm Dickenunterschied voll ausgenutzt werden, ohne daß ein Zurückschleudern zu schwacher Hölzer befürchtet werden müßte.

Alle Großbetriebe, die viel Leimfugen herzustellen haben, möchte ich auf eine noch wenig bekannte selbsttätige Hochleistungs-Leimfugenmaschine, Abb. 7, aufmerksam machen, die bei sehr hoher Leistung eine einwandfreie Leimfuge liefert und auch zum Spunden benutzt werden kann.

Diese Maschine wurde vor dem Kriege nur in Amerika hergestellt, wird jedoch jetzt auch von mehreren deutschen Firmen in einwandfreier Beschaffenheit geliefert. Sie ist

Abb. 4. Sägenschärfmaschine.

mit zwei wagerecht gelagerten, voneinander unabhängig arbeitenden Messerköpfen versehen und erfordert bei richtiger Ausnutzung zwei Mann Bedienung. Die Hölzer erhalten ihre Vorschubbewegung durch eine kräftige Gelenkkette *a*, an der Mitnehmer befestigt sind. Diese sind sicher geführt und lassen sich so einstellen, daß gerade oder hohle Fugen hergestellt werden können. Auf jeder Seite der Maschine ist ein Rahmen *b* angeordnet, in dem Druckrollen federnd angebracht sind, die das Holz gegen die Mitnehmer drücken. Diese Rahmen lassen sich leicht, der Brettdicke entsprechend, durch ein Handrad *c* vom Standort des Arbeiters aus einstellen. Der Vorschub der Hölzer ist in drei Geschwindigkeiten von etwa 7, 12 und 16 m/min abgestuft.

Abb. 5. Vierseitige Hobelmaschine.

Die Höhe der beiden Tische vor den Messerköpfen ist mit einem Handrad leicht verstellbar, so daß starke oder schwache Späne genommen werden können. Die Höhenlage der 105 mm breiten Messerköpfe ist ebenfalls durch Handräder einstellbar. Die Hobelmesser lassen sich leicht auswechseln. Die Bedienung der Maschine ist vollständig gefahrlos und erfordert, abgesehen vom Einstellen, keine gelernten Arbeiter.

Die Maschine ersetzt mehrere Abricht- oder Fugemaschinen und sollte in keinem neuzeitlichen Großbetriebe fehlen.

Zum Schärfen von Hobelmessern verwendet man selbsttätige Messerschleifmaschinen für hohle Schneiden, Abb. 8, jedoch eignet sich hierzu, falls Hobelmesser bis 1000 mm Länge geschliffen werden sollen, nur eine Maschine mit besonders schwerem Bett und wagerechter Schlittenbewegung. Mit den billigen, leichtgebauten Maschinen und lotrechter Schlittenführung ist auf die Dauer bei langen Messern kein genauer Schliff zu erzielen, und man soll bei Anschaffung einer solchen Maschine zum Schleifen von langen Messern nur eine schwere Bauart mit wagerecht gelagertem Schlitten berücksichtigen.

Die Sandpapier-Schleifmaschine, Abb. 9, hat drei umlaufende und oszillierende Schleifzylinder von 300 mm Dmr. und etwa 750 bis 1500 mm Länge. Diese Maschine, die auch von Nordamerika zu uns herübergekommen

Abb. 7. Hochleistungs-Leimfugenmaschine.
a Gelenkkette *b* Rahmen *c* Handrad.

ist, hat sich in Tischlerei-Großbetrieben bestens bewährt, da bei ihrer Benutzung das Abputzen der Hölzer mittels Putzhobels in Fortfall kommt. Die auf dieser Maschine geschliffenen Hölzer können ohne jede weitere Bearbeitung naturlackiert werden. Der erste der drei Schleifzylinder ist mit grobem Sandpapier, Nr. 1½ bis 2, der zweite mit mittlerem, Nr. 1, und der dritte mit feinkörnigem Sandpapier, Nr. 0 bis ½, bespannt. Es ist dringend zu empfehlen, zum Bespannen der Schleifzylinder nur bestes Rotschleifpapier zu verwenden und minderwertige Erzeugnisse zurückzuweisen, da mit diesen niemals einwandfreie Arbeit zu erzielen ist, und außerdem durch das häufigere Neubespannen der Schleifzylinder die Betriebsunkosten vermehrt werden. Der Vorschub des Holzes wird durch vier obere und vier untere Walzen, die sämtlich durch Zahnräder angetrieben werden, bewirkt.

Die Vorschubgeschwindigkeit der Werkstücke beträgt 3 bis 5 m/min.

Über jedem Schleifzylinder ist eine Druckvorrichtung angebracht, die das Durchfedern des Holzes verhindert. Die Druckvorrichtung und die oberen Vorschubwalzen sind in einem Rahmen gelagert, der sich selbsttätig hebt und senkt. Zu seiner Feineinstellung dient ein Handrad. Die Schleifzylinder können durch Hochheben des Rahmens aus der Maschine herausgenommen werden.

Die Maschine schleift Hölzer von 500 mm geringster Länge bis 200 mm Dicke. Größte Schleifbreite rd. 1500 mm. Das Sandpapier wird schraubenförmig auf den Schleifzylindern befestigt, infolgedessen ist die Schleiffläche der

Abb. 6. Dicktenhobelmaschine.
a federnde Gliederzuführwalze *b* federnder, geteilter Druckbalken.

Zylinder vollständig geschlossen, hat also keine Längsnut als Unterbrechung.

Damit das Sandpapier eine elastische Unterlage erhält, sind die Schleifzylinder mit gutem Filz überzogen. Das zur Verwendung kommende Rotschleifpapier wird in Rollen von etwa 50 m Länge und rd. 61 cm Breite gehandelt.

Beim Schleifen von harzfreien Hölzern müssen die Schleifzylinder bei Dauerbetrieb täglich zweimal mit Rotschleifpapier bezogen werden, was jedesmal etwa 30 min Arbeitzeit erfordert. Wird hingegen viel harziges Holz geschliffen, so muß das Schleifpapier drei- bis viermal täglich erneuert werden.

Der Kraftverbrauch beträgt rd. 10 bis 15 PS, je nach Breite. Da beim Schleifen des Holzes viel Staub erzeugt wird, ist die Maschine unbedingt an eine scharfwirkende Späneabsauganlage anzuschließen.

Die Zapfenloch-Kettenfräsmaschine, Abb. 10, dient, vereinigt mit Bohrapparat und Hohlmeißel-Stemmvorrichtung, zum Herstellen von runden und viereckigen Löchern. Diese Maschine ist ebenfalls amerikanischen Ursprungs und sollte in keinem zweckmäßig geleiteten Betriebe fehlen.

Bei der Anschaffung der Maschine soll man für Großbetriebe eine schwere Bauart wählen. Es können damit in Hölzern bis zu 300 × 300 mm Querschnitt mittels endloser Fräskette Zapfenlöcher von 6 × 20 bis 25 × 90 mm bei 175 mm Tiefe durch einmaliges Stemmen hergestellt werden. Die Schlitzlänge beträgt 20 bis 350 mm ohne Umspannen. Außerdem können gewöhnliche

Abb. 8. Selbsttätige Messerschleifmaschine für hohle Schneiden.

Abb. 9. Sandpapier-Schleifmaschine mit umlaufenden und hin- und hergehenden Schleifzylindern.

runde und quadratische Löcher bis 25 mm Dmr. bei Tiefen bis 175 mm gebohrt werden.

Beim Arbeiten ruht das Werkstück fest auf dem Tisch, und dieser oder die Fräskette (bei Maschinen für schwerere Stücke) bewegt sich auf- und abwärts.

Für sämtliche drei Werkzeuge sind Vorrichtungen angebracht, die das Einstellen der gewünschten Arbeitstiefen ermöglichen. Die Fräskette wird durch einen am Sockel der Maschine angebrachten Fußhebel ein- oder ausgerückt. Der Kraftbedarf beträgt 4 bis 6 PS.

Als beste freistehende Senkrechtbohrmaschinen mit einer Spindel zum Bohren von Löchern bis 70 mm Dmr. und mit einer Einrichtung zum Ausschneiden von Löchern oder Holzscheiben von 75 bis 400 mm Dmr. mittels Trommelsäge haben sich die schweren Ständerbohrmaschinen mit Fußhebelbedienung, Abb. 11, bewährt. Die Bohrspindel wird von dem Maschinenarbeiter durch Fußhebel gesteuert, so daß er die Hände zum Bewegen des Arbeitstückes frei hat. Der Tisch ist in der

Abb. 10. Zapfenloch-Kettenfräsmaschine.

Abb. 11. Schwere Bohrmaschine mit Trommelsäge.
a Handrad zur Höheneinstellung des Tisches.

Höhe durch ein Handrad *a* verstellbar. Die ausgeschnittenen Stücke fallen durch eine Öffnung im Tisch nach unten heraus. Es empfiehlt sich, die Maschine mit drei Stufenscheiben zu versehen, damit für die sehr verschiedenen Bohrdurchmesser möglichst passende Umlaufzahlen gewählt werden können. Diese betragen nach meinen Erfahrungen rd. 500 bis 1500 Uml./min, wobei die Zahl 500 für das Ausschneiden von Löchern auf 400 mm Dmr. gilt. Der Antriebriemen der Bohrspindel sollte nicht unter 100 mm breit sein.

Modell - Sandpapier - Schleifmaschine, Abb. 12, mit zwei Schleifscheiben von etwa 950 mm Dmr. und einer senkrechten Schleifspindel mit auswechselbaren Schleifzylindern verschiedener Durchmesser.

Auch diese Maschine ist für zweckmäßig arbeitende Modelltischlereien sehr wichtig, da die Herstellung der meisten

Abb. 12. Sandpapier-Schleifmaschine mit umlaufenden und hin- und hergehenden Schleifzylindern.
a Schleifzylinder.

Abb. 13. Kernkasten-Fräsmaschine.

Modellarten durch sie bedeutend verbilligt wird. Leider wird diese Maschine nur im Ausland, England und Amerika, hergestellt.

Zum Beziehen der Schleifscheiben sind gute Rotschleifpapierscheiben von 1000 mm Dmr., Körnung Nr. 2, zu verwenden, die mittels eines Drahtseiles von 3 mm Dmr. auf den Schleifscheiben leicht zu befestigen und auszuwechseln sind. Sämtliche drei Arbeitstische sind in jedem Winkel durch Handräder leicht einstellbar, so daß jeder Schrägschliff auf der Maschine ausgeführt werden kann; infolgedessen fällt das Bearbeiten der rohen Holzflächen durch Hobeln fort. Geschweifte Stücke können vorteilhaft mit dem senkrechtstehenden Schleifzylinder *a* in jeder gewünschten Neigung bearbeitet werden. Infolge der großen Staubentwicklung beim Schleifen der Werkstücke ist die Maschine an die Späneabsauganlage anzuschließen.

Der Kraftbedarf beträgt etwa 6 PS und die Umlaufzahl der Schleifscheiben 500 Uml./min.

Kernkasten-Fräsmaschine, Abb. 13, für Modelltischlereien. Für größere Modelltischlereien, die viel Kernkasten mit rundem und bogenförmigem Kern herstellen, ist diese Maschine sehr geeignet. Mit ihr lassen sich nicht nur gerade Kernkasten bis 60 mm Dmr., sondern auch abgesetzte, gebogene in vielerlei Formen und kugelförmige herstellen. Die Zeitersparnis gegenüber Handarbeit ist dabei ganz bedeutend, viele Arbeiten liefert die Maschine im zehnten Teile der Zeit, die bei Handarbeit aufzuwenden wäre. Dabei sind die Arbeiten besser und genauer als von Hand.

Doppelte Zinken-Fräsmaschine, Abb. 14, mit zwei wagerecht gelagerten Hobelkreissägen *a* und zwei senkrechten Zinkenfräsköpfen *b* für gerade Zinken. Sie dient dazu, bei Massenherstellung Hölzer bis zu 1600 mm Länge, 150 mm Breite und beliebiger Dicke gleichzeitig an beiden Enden auf genaue Länge zu schneiden und so sauber zu zinken, daß jede Nacharbeit überflüssig ist. Die Frässupporte können durch Rechts- und Linksspindeln gleichmäßig zusammen- oder auseinandergerückt werden. Die Supporte haben außerdem eine zweifache Verstellung, und zwar eine Längs- und eine Höhenverstellung, so daß eine genaue Einstellung der Spindeln erzielt werden kann. Der Schlitten, auf dem die Hölzer packweise bis zu 250 mm Breite durch Druckhebel festgespannt werden, hat seitlich genaue Führung und läuft auf Rollen, so daß er sich leicht bedienen läßt. Diese Maschine arbeitet in etwa 1/25 der Zeit, die für Handarbeit gebraucht würde. Ihre Anschaffung ist daher für alle Großtischlereien empfehlenswert, die Hölzer in solchen Abmessungen in Massen zu zinken haben.

Abb. 15. Zinkenfräsmaschine mit wagerecht liegender Fräswelle.
a Zinkenfräser.

Die Instandhaltung der Zinkenfräser erfordert allerdings einen tüchtigen Fachmann, da sie stets einwandfrei geschliffen werden müssen. Der Kraftverbrauch der Maschine beträgt etwa 5 bis 6 PS. Die Frässpindeln machen etwa 3600 Uml./min, die Hobelkreissägen etwa 2400 Uml./min.

Eine selbsttätig arbeitende Zinkenfräsmaschine für gerade Zinken zeigt Abb. 15. Auf der wagerecht gelagerten Fräswelle sitzen 15 Zinkenfräser *a* von 250 mm Dmr. und 15 mm Breite. Es kann gleichzeitig ein Stoß Bretter bis 300 mm Gesamthöhe und 450 mm Breite in einem Arbeitsgang gezinkt werden. Die einzelnen Bretter können beliebig lang sein.

Allgemeine Erfahrungen mit Holzbearbeitungsmaschinen.

Fast immer begehen die Hersteller der Holzbearbeitungsmaschinen den Fehler, daß sie die Antriebscheiben der Maschinen vor allem bei Pendelsägen, Kreissägen und Hobelmaschinen zu klein im Durchmesser und zu schmal in der Breite wählen, so daß es ohne weiteres möglich ist, bei großem Vorschub diese Maschinen zum Stillstand

Abb. 14. Doppelte Zinken-Fräsmaschine.
a Hobelkreissäge *b* Zinkenfräskopf.

zu bringen. Die Folge davon ist, daß die Maschinen nicht voll ausgenutzt werden können, wenn man das übermäßige Spannen der Antriebriemen und das dadurch hervorgerufene Heißlaufen der Lager vermeiden will. Ich war aus diesem Grunde gezwungen, in den mir bisher unterstellten Betrieben die Antriebscheiben zu verbreitern und, wo angängig, den Durchmesser der Scheiben zu vergrößern, wiewohl die Maschinen von unseren führenden Firmen geliefert waren. Eine Kreissäge mit etwa 500 mm Blattdurchmesser, 2,2 mm Blattdicke und 1900 Uml./min kann z. B. unmöglich mit einer Antriebscheibe von 125 mm Dmr. und 100 mm Breite bei 1900 Uml./min voll ausgenutzt werden, und der Maschinenarbeiter kommt beim Schneiden einer Kiefernbohle von 100 mm Dicke ohne weiteres in die Lage, die Säge auch beim normalen Vorschub anzuhalten, was jedoch nicht der Fall ist, wenn die Säge durch einen 140 bis 150 mm breiten und 5 mm dicken, gekitteten Kernlederriemen angetrieben wird. Ebenso ist der Kraftverbrauch bei derartigen Maschinen fast stets zu niedrig angegeben; denn es ist ein Unding, eine Kreis- oder Pendelsäge mit 500 mm Blattdurchmesser durch einen 2 bis 3 PS leistenden Motor anzutreiben, wenn man mit der Säge die volle Leistung erzielen will.

Bei der Auswahl von Sägenblättern für Pendelsägen wird ebenfalls meist der Fehler begangen, zu dünne Blätter zu wählen, und ich habe festgestellt, daß bei 600 mm Blattdurchmesser die Blattdicke nicht unter 3.6 mm genommen werden darf; die Zahnteilung an der Spitze soll 30 bis 32 mm betragen, und der Durchmesser der Befestigungsflanschen des Sägeblattes darf nicht unter 150 mm gewählt werden. Die Umlaufgeschwindigkeit einer Pendel- oder Kreissäge mit 600 mm Blattdurchmesser soll nicht mehr als 1600 Uml./min betragen, entsprechend einer Umfangsgeschwindigkeit von etwa 50 m/s.

Zahlentafel 1. Blattabmessungen und Umlaufzahlen bei Langholzsägen.

Blattdurchmesser mm	Blattdicke nicht unter mm	Zahnspitzenteilung mm	Uml./min
400	2,2	20	2400
500	2,4	27	1900
600	3	32	1600

Anmerkung: Für feinere Arbeiten können dünnere Blätter gewählt werden, jedoch sollte ein Blatt von 400 mm Durchmesser nicht unter 2 mm dick sein.

Für Langholzsägen mit Lauftisch kommen die in Zahlentafel 1 angegebenen Blattabmessungen und Umlaufzahlen in Frage.

Sämtliche Holzbearbeitungsmaschinen sind, wenn irgend möglich, mit praktischen Schutzvorrichtungen gegen Unfälle zu versehen; leider ist jedoch der größte Teil der Maschinenarbeiter nur durch Zwang dazu zu bewegen, damit zu arbeiten.

Gute Kugellager sind m. E. bei schnellaufenden Wellen an Holzbearbeitungsmaschinen zu bevorzugen. Zum Schmieren auch von Bronze- oder Weißmetallagern darf nur bestes Schmieröl zur Verwendung kommen.

Ebenso dürfen auf schnellaufenden Holzbearbeitungsmaschinen nur ungenähte, sauber gekittete Kernlederriemen aus Rückenleder, gestreckt und auf geraden Lauf geprüft, arbeiten, und zwar in einer Dicke bis zu 5 mm. Dickere Riemen sind für schnellaufende Maschinen zurückzuweisen und minderwertige Erzeugnisse ebenfalls.

Die Riemen sollen niemals durch Binderiemen, Harris-Verbinder oder Gelenkverbinder verbunden werden, da diese Verbindungen bei jedesmaligem Umlauf einen Stoß auf das Lager ausüben. Für Holzbearbeitungsmaschinen darf nur eine sauber gekittete Riemenverbindung in Frage kommen, und zwar unter Verwendung von bestem Lederkitt. Besondere Sorgfalt ist den Werkzeugen für Holzbearbeitungsmaschinen zuzuwenden: Kreis- und Bandsägen, Hobelmesser und Fräser. Bei deren Anschaffung ist unter allen Umständen nur das allerbeste Erzeugnis zu wählen, weil dieses tatsächlich im Betriebe das billigste und leistungsfähigste ist.

Arbeiten z. B. auf einer Hobelmaschine minderwertige Messer oder auf einer Kreissäge Blätter aus schlechtem Stahl, so geht die Leistung der Maschine bis auf 50 vH zurück, und die Arbeit wird außerdem unsauber. Durch das häufige Nachschärfen sind diese schlechten Werkzeuge bald aufgebraucht und daher im Gebrauch bedeutend teurer als hochwertige, die im Einkauf zwar 50 vH teurer, aber im Gebrauch mindestens 50 vH billiger sind. [B 447]

(Schluß folgt.)

Amerikanischer Verband für die Materialprüfungen der Technik.

Die dem Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik entsprechende Gesellschaft in den Vereinigten Staaten, die American Society for Testing Materials (ASTM), hielt Ende Juni dieses Jahres ihre Hauptversammlung in Atlantic City, N. J., ab. Die in engster Verbindung mit den Aufgaben Hoovers (Hebung der Wirtschaftlichkeit in der Erzeugung technischer Güter) stehenden Arbeiten der Gesellschaft verdienen bei uns weitgehende Beachtung.

Der Bericht des Vorstandes der Gesellschaft zeigt, daß das umfaßte Arbeitsgebiet und die Arbeitserfolge kaum zu überblickende Abmessungen angenommen haben. Hierüber können nur Zahlen einigen Aufschluß geben. Die Veröffentlichungen des letzten Jahres umfassen 4000 Druckseiten des DIN-Formates A 5; die gesamte Arbeitsleistung ist auf 600 000 Arbeitstage zu schätzen; die aufgewendeten Gelder betragen rd. 325 000 $. Diese Summe macht jedoch noch nicht 1/1000 vH vom Werte der Gesamterzeugung der an den Arbeiten interessierten Industrie aus, der auf rd. 35 Milliarden Dollar angenommen wurde. Das Arbeitsgebiet der ASTM umfaßt: Werkstofforschung, Werkstoffprüfung und Lieferbedingungen. Die letzten nehmen weitaus den größten Teil in Anspruch, und man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, daß gerade hier zu schnell und zu sorglos gearbeitet wurde, wenn man beachtet, welcher Wert in der letzten Zeit auf die Behandlung der beiden ersten Gebiete gelegt wird.

Es ist ein Hauptausschuß gebildet worden, dessen Aufgabe es ist, die Forschungsarbeiten zu überwachen und zusammenzufassen. Man hat erkannt, daß Lieferbedingungen nur brauchbar sind, wenn die Grundlagen, auf denen sie sich aufbauen, mit großer Sorgfalt geschaffen wurden. Diese Grundlagen sind:

1. Kenntnis von Eigenschaften der Werkstoffe,
2. Verfahren zur Prüfung der Werkstoffe.

Die laufenden und in Aussicht genommenen Forschungen und Untersuchungen sind in einer Liste von über 20 Druckseiten Umfang zusammengestellt. Es seien einige der behandelten Fragen genannt: Einfluß der Luft und des Wassers auf blankes und auf mit Metallüberzug versehenes Eisenblech, Verfahren zur Feststellung des Anfressungswiderstandes, Untersuchungen über die Druckfestigkeit von Zementmörtel, über die Eigenschaften von Lacken, über das Verhalten von Transformatorenölen, Festlegung eines Verfahrens zur Ermittelung der Streckgrenze, Verhalten der feuerfesten Steine unter Belastung bei hohen Temperaturen.

Je weiter sich die Werkstofforschung entwickelt, je mehr verschiedene Stoffe in Lieferbedingungen behandelt werden, desto umfangreicher wird das Gebiet der Prüfverfahren. Es ist in Amerika eine Überarbeitung der Prüfverfahren notwendig geworden, um die Handhabung der Lieferbedingungen auf einer gründlichen Kenntnis von den physikalischen und chemischen Vorgängen aufzubauen.

Besondere Bedeutung mißt die ASTM der Festlegung einheitlicher Bezeichnungen und Begriffe bei. Diese sollen gleichzeitig den Anfang für die Herausgabe eines technischen Wörterbuches bilden[1]).

Umfangreiche und sorgfältige Feststellung über die Fortschritte in der Einführung der Normen in die Praxis werden noch in diesem Jahre abgeschlossen und veröffentlicht. Sie werden, mehr als die vielfach programmatischen Darlegungen in den Berichten, zeigen, wie weit die angestrebten Ziele erreicht sind und wo eine Überarbeitung der bisherigen Ergebnisse notwendig ist. Deutschland wird bei aufmerksamem Lesen der amerikanischen Veröffentlichungen manch wertvollen Hinweis für die Einstellung seiner Arbeiten finden. [N 1030] D.

[1]) Ein Austausch der Ergebnisse der Arbeiten mit denen des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik ist in Anlehnung an die Arbeiten des früheren Internationalen Verbandes eingeleitet.

Eine Lösung der Phosphorsäurefrage für Deutschland.

Von Dr. P. Ad. Plaas, Hamburg.

Die bisherige Art der deutschen Phosphorsäureversorgung mit ihren starken volks- und privatwirtschaftlichen Mängeln läßt Umschau halten nach günstigeren Versorgungsmöglichkeiten der deutschen Landwirtschaft mit Rohphosphaten, wie sie besonders Rußland zu bieten hätte. Ein enges Zusammenarbeiten Deutschlands und Rußlands auf diesem Gebiete würde für beide Länder eine Reihe von großen Vorteilen bedeuten, die die Prüfung einer gemeinsamen Lösung der Phosphorsäurefrage notwendig machen.

Die umwälzenden Veränderungen innerhalb der deutschen Düngemittelversorgung, wie sie besonders durch die Gewinnung des Kalkstickstoffes und die synthetische Ammoniakherstellung nach Haber-Bosch für die Stickstoffwirtschaft stattgefunden und uns hinsichtlich dieses Düngemittels vom Ausland ebenso unabhängig gemacht haben, wie wir es ohnehin schon in der Kaliversorgung waren, haben die Phosphorsäurefrage, d. h. die ausreichende Versorgung Deutschlands mit Phosphorsäure-Düngemitteln, mit Recht in den Vordergrund der allgemeinen Aufmerksamkeit treten lassen. Bezüglich der Beschaffung der Phosphate als Rohmaterial für unsre Superphosphatindustrie stehen wir im wesentlichen noch auf demselben Punkt, der auch für die Verhältnisse der Vorkriegszeit charakteristisch war. Da die Verwendung der deutschen Phosphate wie derjenigen der Lahn, Dill usw. nicht möglich oder nicht wirtschaftlich erscheint, sind wir nach wie vor gezwungen, den wesentlichsten Teil der für unsre Landwirtschaft gebrauchten Phosphorsäure aus dem Ausland, und zwar aus den reichen Lagerstätten Nordamerikas, neuerdings besonders aus den marokkanischen Vorkommen Nordafrikas zu beziehen. Der Krieg und seine Folgejahre mit den so erschreckend gesunkenen Verbrauchsziffern für Phosphorsäure-Düngemittel haben uns auf das eindringlichste die Mängel und Schäden vor Augen geführt, die dieser einseitigen Art der deutschen Phosphorsäureversorgung für die Wirtschaftlichkeit der deutschen Düngung anhaften.

Die schwerwiegenden Bedenken, die gegen die bisherige Art der deutschen Einfuhr von Rohphosphaten aus den Westländern sowohl vom volks- wie auch vom privatwirtschaftlichen Standpunkt geäußert werden müssen, und auf die näher einzugehen sich hier erübrigt, zwingen uns, die Frage zu prüfen, aus welchem Lande die nötigen Phosphorsäuremengen mit den geringsten Kosten und Nachteilen für die deutsche Wirtschaft und ihre Handelsbilanz beschafft werden können. Mit andern Worten, ob es nicht Möglichkeiten zur Deckung des deutschen Phosphatbedarfes gibt, die für die Ernährung des deutschen Volkes und die Belastung seiner Handelsbilanz weniger gefahrbringend sind als die bisherige Art der Rohstoffversorgung. Die weiteren Ausführungen werden zeigen, daß diese Frage durchaus zu bejahen ist.

Unser bedeutendster östlicher Nachbar, Rußland, ist im Besitze sehr umfangreicher Phosphoritlagerstätten, die zwar schon seit längerer Zeit bekannt sind, auf die man aber erst in den letzten Jahrzehnten mehr und mehr sein Augenmerk gerichtet hat. Gewaltige Vorräte von gut verwendbaren Rohphosphaten sind hier zutage getreten, deren Wert sich gegenwärtig auch noch nicht im entferntesten abschätzen läßt. Es lagern dort jedenfalls derart gewaltige Phosphatmengen, daß besonders die Betrachtung der Phosphorsäurefrage in Deutschland unmöglich an ihnen vorübergehen kann. Bei einer planmäßigen industriellen Erschließung des Landes dürften diese Lagerstätten in nicht zu ferner Zeit einen ähnlich umwälzenden Einfluß auf die Phosphorsäureversorgung Mitteleuropas ausüben, wie ihn seinerzeit die Erfindung der Stickstoffgewinnung aus der Luft auf dem Gebiete der Stickstoffdüngung hervorbrachte.

Diese gewaltigen Phosphoritlagerstätten Rußlands werden seit dem Jahre 1910 planmäßig von einem Fachausschuß der Moskauer Universität erforscht; die Untersuchung erstreckt sich sowohl auf den Gehalt an reiner Phosphorsäure wie auch auf Größe und Umfang der Lagerstätten in Zusammenhang mit den Möglichkeiten ihrer industriellen Auswertung. Hierbei sind in den verschiedenen Teilen des Landes gewaltige Vorräte ans Licht gebracht worden, die aber sowohl hinsichtlich der Güte wie auch der Menge sehr verschieden beurteilt werden müssen. Nach ihrem Gehalt an reiner Phosphorsäure werden die gesamten russischen Lagerstätten in folgende Gruppen eingeteilt:

1. Phosphorite mit 12 bis 18 vH Phosphorsäure
2. „ „ 18 „ 24 „ „
3. „ „ 24 „ 35 „ „ und darüber.

Bei der Erforschung dieser über ganz Rußland verteilten Lagerstätten hat sich gezeigt, daß Güte und Menge bei den Phosphoritvorkommen einander umgekehrt verhältnisgleich sind, d. h. daß die Mehrzahl der russischen Fundstätten 12 bis 18 vH reine Phosphorsäure enthält, während die hoch- und höchstprozentigen Lagerungen verhältnismäßig weniger zahlreich sind. Hier haben aber die Untersuchungen des letzten Jahrfünftes bedeutende Änderungen ergeben, indem sehr ausgedehnte und hochgradig abbauwürdige Fundstätten am Oberlauf der Kama (linker Nebenfluß der Wolga) rd. 250 km nordöstlich der Stadt Wjatka entdeckt wurden, deren Wert für die Phosphorsäureversorgung der Landwirtschaft noch nicht im entferntesten übersehen werden kann. Die hier lagernden Phosphate gehören der hochwertigen Gruppe an. Sie enthalten 26 bis 29 vH Phosphorsäure, wobei die Knollen im lockeren Verband ohne Zementierung inmitten eines Glaukonitsandes liegen, so daß die Technik ihrer Gewinnung auf keine Schwierigkeiten stoßen würde! Was die Lagerung dieser Schichten angeht, so ist sie für den Abbau überaus günstig, da sie nur 3 bis 6 m weiche Erdmassen über sich haben, also mit Hilfe von Erdbaggern, ähnlich wie beim Braunkohlentagebau, ohne große Schwierigkeiten freigelegt werden können.

Über das Ausmaß der dortigen hochwertigen Lagerstätten können zurzeit nur annähernde Angaben gemacht werden, da die bergtechnischen Untersuchungen im Kamagebiet noch bei weitem nicht abgeschlossen sind. Aber schon die bisher festgestellten Lagerungen allein würden eine industrielle Auswertung rechtfertigen, ganz abgesehen davon, daß gelegentlich dieser Untersuchungen hochwertige Eisenlager entdeckt worden sind, die den Wert dieses Gebietes für eine industrielle Erschließung noch bedeutend erhöhen.

Auch in andern Teilen des russischen Reiches sind ähnlich wertvolle, bisher ungenutzte Phosphoritlagerstätten entdeckt worden, die wohl geeignet sein dürften, den Blick des deutschen Unternehmungsgeistes auf diese wertvollen Fundstätten zu lenken, so z. B. an der oberen Wolga im Gouvernement Kostroma, die den Lagerstätten an der Kama durchaus ähnlich sind.

Was nun die technisch-industrielle Seite dieser Lagerstätten angeht, so ergeben sich hier verschiedene Wege der Auswertung. Einmal käme die Ausfuhr der unveredelten Rohphosphate auf dem Wasserweg über die nordrussischen Kanäle und Petersburg nach einem deutschen Ostseehafen (z. B. Stettin) und hier die Weiterverarbeitung zu Superphosphat usw. in Frage, weiterhin aber wäre — und hier liegt die größere Entwicklungsmöglichkeit der russischen Phosphoritvorkommen — an eine Verarbeitung im Lande selbst zu denken, für die ja bereits heute in der geringen russischen Phosphorsäureindustrie eine Grundlage gegeben wäre. Als auf eine Tatsache von größter Bedeutung möge hier noch auf die Möglichkeit der Verarbeitung der Rohphosphate zu 100 vH-Phosphorsäureanhydrid oder sogar zu technisch reinem Phosphor hingewiesen sein, welche Möglichkeiten sich bereits im Laboratorium als sehr wohl durchführbar erwiesen haben und eine Frachtersparnis von rd. 90 vH bedeuten würden.

Hinsichtlich einer in Rußland in Betrieb zu nehmenden Superphosphatfabrik kann auf die im Lande vorhandenen, zurzeit stilliegenden Fabriken zurückgegriffen werden, für die vor allem ein Absatz im Lande selbst in Betracht käme. Obwohl man in Rußland vor dem Krieg eine

Mineraldüngung nur in Ausnahmefällen verwendete, hat sich seit nunmehr rd. zehn Jahren in steigendem Maße das Bedürfnis gezeigt, mit Phosphorsäure zu düngen. Selbst die fruchtbaren Schwarzerdeböden, die bisher jahrhundertelang ohne jede Düngung die glänzendsten Erträge lieferten, zeigen mit Ausnahme des Wolgagebietes nach den verschiedenen Untersuchungen der Versuchsstationen über die sinkenden Ernteerträge eine deutliche und lohnende Wirkung der Phosphorsäuredüngung. Die Erklärung dieser auffälligen Erscheinung ist nicht weit zu suchen. Die ständige Ausfuhr der Getreideernten und mit ihr der Nährstoffe hat auch in Rußland eine allmähliche Verarmung des Bodens an Phosphorsäure entstehen lassen, die jetzt bei Düngeversuchen deutlich in die Erscheinung tritt. Wie ich mich selbst auf der Charkower und Poltawaer Versuchsstation überzeugen konnte, brachten Superphosphatgaben Mehrerträge von 60 bis 65 vH. Ähnliche Ergebnisse werden aus allen Teilen des Landes, insbesondere auch aus Nordrußland gemeldet, nur daß hier auch noch eine deutliche Stickstoff-, auf Sandböden sogar schon eine Kalidüngewirkung zu beobachten ist.

Ohne im Rahmen dieses Aufsatzes näher auf diese Verhältnisse einzugehen, beweisen diese Betrachtungen doch, daß auch Rußland auf dem Gebiete der Düngung am Wendepunkt steht, indem bereits auf den meisten Böden des Landes eine bedeutende Erntesteigerung durch Phosphorsäuredüngung erzielt werden kann, so daß allein schon diese Tatsache die Inangriffnahme des Phosphoritabbaues rechtfertigen würde. Die bisherige Gewinnung von Superphosphat in Rußland hält sich in engen Grenzen; die einzige, neuzeitlichen Ansprüchen einigermaßen entsprechende Fabrik ist die von Nishni-Nowgorod, deren Erzeugung aber wegen mangelhafter Anfuhr von Rohphosphaten nicht gesteigert werden kann.

Diese Betrachtung zeigt uns also, wie Deutschland und Rußland sich hier auf das beste ergänzen, indem Rußland über gewaltige Rohphosphatlager verfügt, die ungenutzt im Boden liegen, während Deutschland gerade diese Phosphate auf das beste verwenden kann. Ein Zusammengehen beider Länder auf diesem Gebiet, zu dem Deutschland die wissenschaftlichen Arbeiten und die Maschinen, Rußland die natürlichen Grundlagen beizusteuern hätte, ließe für beide Länder einen gewaltigen Vorteil erreichen, indem besonders Deutschland nicht mehr wie bisher in seiner Rohphosphatversorgung ausschließlich auf den durch außenpolitische Verwicklungen so leicht zu sperrenden Bezug aus den Weststaaten angewiesen wäre. Überdies würde es nach den bisher in dieser Hinsicht vorgenommenen Berechnungen möglich sein, der deutschen Landwirtschaft die Phosphorsäure zu geringeren Preisen und mit der Gewähr einer größeren Stetigkeit zur Verfügung zu stellen, als es durch die gegenwärtige Art der Einfuhr geschieht. [B 826]

Messung der Schneidentemperatur beim Abdrehen von Metallen.

Bei Untersuchung des Zerspanungsvorgangs ist es oft als Mangel empfunden worden, daß man die an der Stahlschneide herrschende Temperatur nicht sicher kannte. So legt Friedrich seinen Untersuchungen über die vorteilhafte Schnittgeschwindigkeit die Bedingung zu Grunde, daß die Temperatur an der Schneidkante einen bestimmten Wert nicht überschreiten darf[1]); er kann aber nur auf dem Umweg der Ermittlung der entstandenen Wärme auf die Temperatur schließen. Auch Hippler behandelt die an der Schnittstelle auftretende Wärme eingehend[2]).

Die bei größeren Schnittgeschwindigkeiten entstehende höhere Temperatur ruft eine Gefügeänderung an der Schneide hervor, die dadurch unter Umständen ihre Widerstandfähigkeit verliert und rasch zerstört wird. Da die Schneide eines Schnellstahls bekanntlich wesentlich höhere Temperaturen als ein Werkzeug-Kohlenstoffstahl aushält, ohne zu „verschmoren", so liegt es nahe, die Schneidstähle oder überhaupt die Werkzeugstoffe wenigstens für den Zweck der zerspanenden Bearbeitung nach der Temperatur einzuteilen, die sie an der Schneide eben noch vertragen, ohne ihre Härte und Schneidhaltigkeit zu verlieren. Eine solche Einteilung der Schneidmetalle würde auch ihre allgemeine Beurteilung in größerem Maße als bisher von den besonderen Bedingungen eines bestimmten Schnittversuchs loslösen.

Das Verfahren für die Temperaturmessung an der Schneide ergibt sich aus folgender Erwägung:

Beim Zerspanen steht das Werkzeug in der Nähe der Schneide oder der schneidenden Spitze in pressender, metallischer Berührung mit dem Werkstück; der abfließende Span bildet an der Schnittstelle eine Art Verschweißung mit der Stahlbrust. Beim Abdrehen von weichem oder mittelhartem Stahl z. B. kann man leicht erreichen, daß die abfließende Spanlocke fest an der Stahlspitze „klebt", sobald man die Bank stillsetzt. Auch der Stahlrücken preßt sich in das Werkstück ein und erzeugt eine innige metallische Berührung oder Verbindung mit dem Werkstück. Haben nun Werkstück und Werkzeug, wie dies gewöhnlich der Fall ist, verschiedene chemische Zusammensetzung oder verschiedenes Gefüge, so entspricht die Schnittstelle beim Drehen der Verbindungsstelle eines Thermoelements, und die an der Schnittstelle infolge der Erwärmung entstehende elektromotorische Kraft kann zur Messung der Temperatur am Schneidkopf benutzt werden. Dabei ist allerdings vorausgesetzt, daß die Kurve der elektromotorischen Kräfte in Abhängigkeit und im Gebiet der zu messenden Temperaturen stetig ansteigt oder stetig abfällt, also keinen Größt- oder Kleinstwert aufweist. Dieses günstige Verhalten zeigten z. B. einige beliebig herausgegriffene Schnellstähle verschiedener Herkunft in Verbindung mit Flußstahl als Werkstückstoff; ferner auch Stähle aus gewöhnlichem Werkzeugstahl (Kohlenstoffstahl) gegenüber demselben Flußstahl. Auch Gußeisen als Werkstückstoff verhielt sich günstig.

Besondere Sorgfalt ist der Eichung des durch Werkzeugschneide und Werkstück gebildeten Thermoelements zuzuwenden, das zum Unterschied gegenüber einem gewöhnlichen Thermoelement und um Verwechslungen zu vermeiden, „Thermopaar" genannt sei. Abgesehen davon, daß hier unedle Metalle als Thermopaar wirken, hat man die Umwandlungen des Werkzeug- und des Werkstückstoffes bei höheren Temperaturen im Auge zu behalten, ferner ist den Berichtigungen der Millivoltmeterausschläge mit Rücksicht auf die Kaltlötstellen die nötige Beachtung zu schenken. Weiterhin darf nicht übersehen werden, daß die das Thermopaar bildenden Metalle unter der mit dem Zerspanungsvorgang verbundenen Spannung stehen (akzidentelle Thermokräfte), und daß der für die Ermittlung der Höchsttemperatur maßgebende Thermostrom durch teilweise zerstörtes Material hindurchgeht.

Das erwähnte Verfahren der Temperaturbestimmung an der Stahlschneide kann für das Drehen, Bohren und Fräsen benutzt werden.

Bei Schnellstählen ist es vom Standpunkt der Spanleistung oder der Haltbarkeit der Schneide vorteilhaft, sie bei ihrer größten Schneidhaltigkeit arbeiten zu lassen; nach Hohage und Grützner[3]) entspricht diesem Zustand eine Temperatur von etwa 625 °C. Durch Einstellen dieser Temperatur beim Schnittversuch können für eine Reihe von Werkstückstoffen diejenigen Spanquerschnitte und Schnittgeschwindigkeiten einander zugeordnet werden, die die günstige Schneidentemperatur beim Zerspanen hervorbringen. Dieser Vorgang zur Beurteilung der Stahlausnutzung ist sicherer und erfordert weniger Erfahrung, als die Beobachtung der Farbe der Meißelschneide und der ablaufenden Späne.

Die eingehende Beschreibung des Verfahrens und der Ausschaltung der Fehlermöglichkeiten findet sich in der Zeitschrift „Maschinenbau" Heft 23 vom 19. November 1925 S. 1129. Die Versuche wurden vor Jahresfrist begonnen; nach Einsendung der Arbeit zum Druck im September d. J. fand der Verfasser in der Hauszeitschrift „The Pendulum"[4]) von E. G. Herbert, Manchester, daß auch dieser den Gedanken des Thermopaares zur Bestimmung der Temperatur, und zwar an einem Stellitwerkzeug, verwendet. Die betreffende Eichkurve zeigt allerdings einen Größtwert bei etwa 170 °C. Über die Durchführung des Verfahrens sind nähere Angaben nicht gemacht. Herbert verweist dabei auf das Journal of the Washington Academy of Sciences Bd. 15 Heft 5 vom 4. März 1925. Bei weiterer Verfolgung der englischen Literatur fanden sich kurze Hinweise auf den Gedanken des Thermopaares in den Berichten des englischen Cutting Tools Research Committee vom Februar 1925 S. 213 und 217 sowie vom März 1925 S. 412/413. [N 1018] Gottwein.

[1]) Bd. 58 (1914) S. 379 ff.
[2]) Hippler, Dreherei, 3. Aufl. S. 35 u. f.
[3]) Kruppsche Monatshefte, Juni 1925.
[4]) „The Pendulum" Juni und September 1925.

Talsperrenbau im Auslande.

Von E. Mattern, Professor an der Technischen Hochschule Berlin, Oberregierungs- und -Baurat.

Der Stand des Talsperrenbaues im Auslande, im besonderen mit bezug auf die gegenwärtig lebhaft erörterte Frage der aufgelösten Bauweise wird dargestellt. Die neuesten Ausführungen dieser Art sowie die Gewölbe- und Schwergewichtmauern werden besprochen. Folgerungen und Richtlinien für die für deutsche Verhältnisse günstigste Bauweise.

Im Verfolg des Zusammenbruches der Gleno-Talsperre[1]) in Oberitalien im Dezember 1923 und der sich daran anknüpfenden Erörterungen über die aufgelöste Bauweise der Sperrmauern ist es wichtig, den heutigen Stand dieser Fragen in Italien und im übrigen Auslande kennenzulernen. Fantoli, Professor in Mailand und Mitglied der zur Untersuchung der Ursachen des Bruches der Glenosperre eingesetzten staatlichen Kommission, hat sich mit dem Gegenstande gründlich beschäftigt. Teils seinen persönlichen Mitteilungen, teils der mir freundlichst zugesandten Veröffentlichung[2]) verdanken die nachfolgenden Darlegungen Ursprung und Anregung.

Aufgelöste Bauweise in Italien.

Man hatte scheinbar in Italien in den letzten Jahren gegen die Schwergewichtmauern mit Erfolg Stellung genommen. Es trat so eine ungewöhnliche Vorliebe für die aufgelöste Bauweise ein, wobei die Schwergewichtmauer als unwirtschaftlich bezeichnet wurde. Die Folge dieser Ansicht war das Unglück von Gleno, das durch fahrlässige Herstellung verursacht zu sein scheint, indem man teils die Rechnung, teils die Sorgfalt bei der Gründung und Bauausführung vernachlässigt hat. Hinzu kam, daß die von einer italienischen Kommission 1919 für den Bau von Talsperren aufgestellten Normen teils ungenau waren, teils von den Ausführenden umgangen werden konnten, da sie Mangel an Klarheit aufwiesen.

Nach der aufgelösten Bauweise ist die Tirsotalsperre[3]) in Sardinien errichtet mit rd. 60 m Gesamthöhe und mehr als 400 Mill. m³ Stauraum (1923 in Betrieb genommen).

In bedeutender Anzahl sollten im Jahre 1924 schwache Sperrmauern mit mehrfachen Bogen für große und sehr große Höhen von 50 m aufwärts, manche nahe an 100 m für Talsperren mit Millionen und Zehnmillionen von Kubikmetern Inhalt, im rauhen Alpengebiet Italiens bei etwa 2000 m Seehöhe oder mehr in Angriff genommen werden, oder z. T. bestanden sie schon in den Anfängen. Andere zahlreiche Mauern waren in den Apenninen geplant mit Höhen von 50 m aufwärts und für Sperren von noch gewaltigerem Inhalt. In entschiedener Minderzahl, wenn auch noch von Bedeutung, waren die Sperren mit einfachen Gewölben oder mit reiner Schwerkraftwirkung, so daß man beinahe mit voller Berechtigung im Auslande schreiben konnte, daß in Italien die Mauer mit Gewichtwirkung der Vergangenheit angehöre.

Fantoli hat gegen die aufgelöste Bauweise einen erbitterten Kampf mit Erfolg geführt. Er bezeichnet sie als eine verhängnisvolle geistige Verirrung, und es ist ihm gelungen, alle alpinen Talsperren dieser Art und fast alle in den Apenninen in Schwergewichtmauern umzuwandeln. Nur wenige Sperren kleineren Stauinhaltes nach der Reihengewölbeanordnung sind geblieben.

Aufgelöste Bauweise in andern Ländern.

Gehen wir zu andern Ländern über, die weniger als die italienischen Alpen unter Frost leiden, so ist folgendes festzustellen: Selbst in klimatisch günstigeren Kolonialgebieten, in ganz- oder halbentvölkerten Gebieten, wie z. B. teilweise in Kalifornien mit einem milderen Klima als in Sizilien, ging man nicht so kühn vor wie in Italien. Auch in Kalifornien, wo man in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts mehrfach in wüsten Tälern der Einöde mit nur einem bis zwei Einwohnern auf 1 km², dünnwandige Bogen und Pfeiler in Höhen von 30 bis 40 m angewendet hatte, kommt man neuerdings wieder zu den Schwergewichtmauern zurück. Im allgemeinen werden heute dort Sperren von der schwachen Bauart nur in Höhen von wenigen Metern, jedenfalls unter 20 m Höhe, errichtet. Einige Beispiele mögen dies belegen:

Das Bauwerk von San Dieguito im Süden von Kalifornien liegt in einer Gegend mit mildem Klima von 18,3 °C Jahresmittel, wo nur in ganz seltenen Fällen die Temperatur auf 0 °C sinkt. Die Sollhöhe beträgt rd. 42 m, die normale Höhe des Überfalles rd. 35 m. Die Mauer ist über den Bogen 170 m lang, die übrigen rd. 60 m stützen sich auf den Felshang. Der Strebenabstand beträgt 7,2 m (s. Eng. News-Rec. 10. April 1919). Der Bau von Guayabal (Puerto Rico) von 1913, in tropischem Klima, hat nicht 602 m Länge, wie die Befürworter der schwachen Bauweise behaupten, sondern nur 280 m; denn die übrige Länge ist von anderer Bauart als die mit Platten des ersten Teiles. Ebenso ist die Höhe von 36,6 m vom tiefsten Punkte der Sohle bis zum höchsten der leichten Brustwehr gerechnet, die maßgebende Höhe beträgt nur rd. 30 m.

Der New Bear Valley-Damm mit mehrfachen Bogen hat rd. 22 m Höhe. Seine Krone liegt in 2023,8 m Seehöhe; man darf aber nicht verschweigen, daß an der amerikanischen Westküste diese Seehöhe ganz anders zu bewerten ist als die gleiche in den italienischen Alpen. Die Mauer von Gem Lake (1916) ist nicht 34, sondern nur 25 m hoch. Sie befindet sich in 2700 m Seehöhe unter 37,5 ° nördlicher Breite, wo die mittlere Jahrestemperatur 12,8 ° beträgt und während vieler Jahre einmal eine tiefste Temperatur von —18 ° beobachtet worden ist, während in den Alpen Italiens in gleicher Höhe die Temperatur jährlich auf mindestens — 40 °C sinkt; dazu liegt der Standort in einer nahezu menschenleeren Gegend. Der benachbarte Damm mit mehrfachen Bogen von Agnew Lake hat nur 12 m Höhe.

Sonstige erwähnenswerte Beispiele der schwachen Bauweise haben meist Höhen zwischen 10 und 20 m, und zwar hat Bolobala aus dem Jahre 1898 18 m Höhe. Hum Lake (Kalifornien, gebaut 1908) ebenfalls 18 m, Garoga (1910) 18 m, Peck's Lake (1910/12) 13,5 m, Los Verjeles 18 m, Salt Lake (Utah, 1918) 30½ m, Eleanor (Kalifornien, 1924) 18 m; Cave Creek hat 24,4 m Höhe und liegt in Arizona mit einer Bevölkerungsdichte von einem Einwohner auf 1 km².

Abb. 1. Schnitt durch die Staumauer des Barberine-Kraftwerkes in der Schweiz.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1181.
[2]) Gaudenzio Fantoli, Intorno ai problemi della dighe per serbatoi e del loro tipo nelle applicazioni italiane. Parte prima. Auszug aus Band I. Heft 1 der Zeitschrift „L'energia elettrica" 1924. Ein Nachtrag ist 1925 erschienen und abgedruckt in „L'energia elettrica" 1925 Fasc. VII Vol. II.
[3]) Z. Bd. 67 (1923) S. 113 u. 1089.

Abb. 2 und 3. Talsperre in aufgelöster Bauweise bei Suorva in Lappland. Gesamthöhe 17 m, Strebenentfernung 12 m.

Unter den Ausführungen mit Platten und Streben seien erwähnt: Ellsworth in Maine mit 21,6 m Höhe, Bauart Ambursen, und Cisco (Texas) mit 25,5 m Höhe und 5,4 m Strebenabstand in 450 m Seehöhe.

Das Bauwerk aus d. J. 1909 von La Prêle (in Wyoming V. St., einer wüsten Einöde fast von der Größe ganz Italiens mit 0,8 Einwohnern auf 1 km²) mit 41 m größter Spannweite ist das seit 15 Jahren nicht mehr übertroffene Beispiel.

Die Schweiz, deren klimatische Verhältnisse und Bevölkerungsdichte annähernd mit denen Italiens übereinstimmen, verwirft für größere Sperren unbedingt die schwache Bauweise. Als Beispiel für die aufgelöste Bauart ist jedoch die Gesamtanlage von Barberine erwähnenswert. Ein Teilbecken hat bei nur 10 oder 15 m Höhe 50 000 m³ Stauinhalt und besteht aus mehrfachen Bogen, während die Hauptmauer nach dem Schwergewichtquerschnitt hergestellt ist, Abb. 1.

Die französischen Sperrmauern der schwachen Bauart neuerer Zeit sind die folgenden: Eine an der Selune (Manche) mit mehrfachen Bogen aus dem Jahre 1917 von 15 m größter Höhe. Sie wird von den Verfechtern dieser Bauweise viel als Beispiel herangezogen. Die Anlage von Belle Isle (Côte du Nord) hat 16 m größte Höhe, der Stauinhalt ist verschwindend gering. Die von vielen Befürwortern der schwachen Bauart aufgestellte Behauptung, daß Frankreich auf diesem Gebiete rückständig sei, ist unbegründet, wenn man die zahlreichen Veröffentlichungen berücksichtigt, die gerade in Frankreich von besten Fachleuten hierüber geschrieben worden sind. Die Franzosen sind nur vorsichtig und zurückhaltend im Gegensatz zu anderen Ländern.

In Spanien sind alle neueren Talsperren als Gewichtmauern mit im allgemeinen dreieckigem Querschnitt hergestellt, für die die Neigung talseitig durch den Ausdruck $tg\ \alpha = 1 : \sqrt{g - 1}$ bestimmt ist. Hierin ist α der Neigungswinkel und g die Dichte des Mauerwerks. Diese Norm ist dort gesetzlich vorgeschrieben. Die schwache Bauweise ist in ganz Spanien nicht angewendet worden.

In Schweden befindet sich eine Sperre mit mehrfachen Bogen zwischen den Seen von Suorva in Lappland, Abb. 2 und 3, mit zurzeit 11 m und später 17 m Höhe. Sie liegt auf rd. 67° nördlicher Breite in 105 m Seehöhe und öder Gegend. Die Entfernung der Streben beträgt 12 m, die Dicke der Bogen wächst von oben nach unten von 0,6 auf 0,8 m. Die Bogen haben zwei Gelenke und sind stark bewehrt. Talseitig sind sie durch besondere Erd- und Steinschüttung geschützt. Trotz der unbedeutenden Spannweite ist das Beispiel wegen der Temperaturverhältnisse beachtenswert, die sich von denjenigen in den Hochalpen zur Winterzeit nicht wesentlich unterscheiden, und wegen der Berücksichtigung der möglichen Eisstöße, die mit 30 m Breite und 1 m Dicke in Rechnung gestellt worden sind[1]).

Die Schwächen der Sperrmauern nach der aufgelösten Bauart sind bekannt. Ich wiederhole sie kurz[2]): Die hohen Beanspruchungen erfordern große Festigkeit und Wetterbeständigkeit des Baustoffes, daher ist eine sorgfältigere Herstellung, meist aus Werksteinen, erforderlich als in der Massenmauerung beim vollen Querschnitt, wo im Innern auch geringwertigeres Gestein verarbeitet werden kann. Bei Verwendung von Beton sind Eiseneinlagen nötig als Gegenmittel gegen Risse, wodurch die Kosten erhöht werden. Gegenüber der Ersparnis am Mauerwerk fällt der Gerüstbau und die Einschalung bei der aufgelösten Bauweise ins Gewicht. Aufgelöste Mauern bringen im ganzen leider keine Kostenersparnis, wenn auch die Widerstandfähigkeit der Baustoffe besser ausgenutzt wird. Die Schwierigkeiten

[1]) „Engineering" Bd. 116 (1923) S. 721, „Engineering and Contracting" 14. Febr. 1924 und Mitteilungen des schwed. Wasserkraftamtes.

[2]) Weiteres siehe Handbuch der Ingenieurwissenschaften 4. Aufl. 1913. Bd. Talsperren, S. 335 u. f.

wachsen mit dem Quadrat der Stauhöhe. Die Wirtschaftlichkeit für Erwerbzwecke sollte neben der Sicherheit entscheidend sein.

Fantoli hebt für die Verhältnisse in den italienischen Alpen noch folgende Hauptmängel hervor: Die geringe örtliche Zerstörung an einem beschränkten Teile des Gewölbes, etwa durch Abfallen von Mauerwerk, das unter Frost gelitten hat, das Nachgeben eines einzigen Pfeilers, ein Riß in einem einzigen Gewölbe wird die voraussichtliche oder sichere Ursache der Zerstörung des ganzen Bauwerks. Vor allem sind die Durchsickerungen gefährlich, da unter starken Drücken mit der Zeit die Durchlässigkeit der dünnen Deckschicht unvermeidlich wird. Auf die Dauer wirkt dann der zerstörende und nagende Einfluß des Alpenklimas verheerend. Das Bauwerk kann unvorhergesehene heftige Einwirkung gar nicht oder nur unter großen Gefahren aufnehmen, so den Absturz einer Lawine in den Stausee, den Fall einer Gesteinsmasse von den seitlichen Hängen auf einen Strebepfeiler, einen Bogen und dergleichen, einen Erdrutsch, den Stoß des von heftigem Wind auf dem Stausee bewegten Treibeises, die Rachetat der Übelwollenden, die Bombe eines feindlichen Flugzeuges usw. Der letzte Punkt zeigt die Schwächen der aufgelösten Bauweise besonders auffällig, da ihr bei Feindseligkeiten mit Sprengstoffen leicht beizukommen ist. Diese Gefahr wird der nicht gering schätzen, der die Wandlungen in der Geschichte kennt und bewertet.

Gewölbemauern.

Fantoli geht sodann auf die Gewölbewirkung der Sperrmauern näher ein, die in einem einzigen großen Bogen errichtet sind[1]). Voraussetzung für deren Anwendung sind: enges Tal, d. h. geringer Abstand der Hänge, große Höhe der Sperrmauer, kleiner Halbmesser, festes, als Widerlager für die Aufnahme des beträchtlichen Gewölbeschubes geeignetes Gestein der Berghänge. Wo diese Bedingungen erfüllt sind, kann man auch nach unserer Meinung den Bogen an Stelle der Schwergewichtmauer ohne Bedenken anwenden. Allerdings wird diesen Forderungen durch die gegebenen örtlichen Verhältnisse in Italien selten genügt. Einige Beispiele seien erwähnt:

Bei C o r f i n o in I t a l i e n hat die Talenge in 35,5 m Höhe der Mauerkrone 44 m Weite oder Sehne, die nicht mit der Länge der Mauer selbst zu verwechseln ist („Industria" 1920). Erwähnt seien auch die Bogenmauern von C i s m o n (Genio Civile 1910) und von P a v a n n a. Der neue Bogen von A m s t e g in der S c h w e i z hat 31,6 m Höhe bei 30,1 m Talöffnung in Höhe der Mauerkrone (Bulletin Techn. Suisse Romande 1922). Der sehr schöne Bogen von M o n t e j a q u e in Südspanien, der mit 72 m bis heute die größte Höhe aufweist und vor kurzem vollendet wurde, hat nur 60 m Spannweite an der Krone (s. Schweiz. Wasserwirtschaft 25. Juli 1924). Der Bogen von J o g n e hat 52 m Höhe und 77 m Spannweite an der Krone (Bull. Techn. Suisse Romande 1922).

Der Bogen des Entwurfs für P a c o i m a in der Grafschaft Los Angeles (Kalifornien, V. St.) soll 114,4 m Höhe bei rd. 150 m Spannweite an der Krone und 31,1 m Dicke am Fuß erhalten.

[1]) s. Z. Bd. 67 (1923) S. 616

Abb. 4. Querschnitt der Spullersee-Sperrmauer; 34 m Höhe, Beton mit eingebetteten Steinen.

Zu erwähnen wäre hier noch der äußerst kühne Bogen von S a l m o n C r e e k mit 157 m Spannweite und 51 m Höhe. Immerhin ist zu bemerken, daß er sich in Alaska befindet, das 550 000 Einwohner auf einem Gebiet aufweist, das fünfmal so groß ist wie Italien, d. s. 0,04 Einwohner auf 1 km[2]).

Gewichtmauern.

Von neueren Ausführungen dieser Art im Auslande sollen einige bemerkenswerte Beispiele angegeben werden.

Ö s t e r r e i c h : Spullersee, Abb. 4, Voralberg, 1825 m Seehöhe, $H = 34$ m, gekrümmter Grundriß, dreieckförmiger Querschnitt. Neigung bergseitig 10 vH, talseitig 87,3 vH, Beton mit 25 vH Steinen. (Zeitschr. d. Österr. Ing.-Ver. 30. Mai 1924.)

S c h w e i z : W ä g g i t a l (Kanton Zürich) Seehöhe 902 m, $H = 100$ m, Stauinhalt 140 Mill. m³, dreieckiger Querschnitt, Neigung 5 vH bergseitig und 78 bis 85 vH talseitig, Mauerinhalt 230 000 m³ Beton.

B a r b e r i n e (Tessin), Abb 1, 1900 m Seehöhe, $H = 80$ m, Stauinhalt 37,5 Mill. m³, dreieckiger Querschnitt mit Neigungen von 5 und 80 vH, 200 000 m³ Beton mit 10 vH Steinen. („Der Bauingenieur" Bd. 5 (1924) Heft 7.)

G r i m s e l, Abb. 5 und 6, 1900 m Seehöhe, $H = 100$ m, Stauinhalt 100 Mill. m³, gekrümmt, dreieckiger Querschnitt mit 2½ und 82½ vH Neigung, Zyklopenmauerwerk 260 000 m³.

[2]) Von Bedeutung für diese Fragen ist außer den Denkschriften von Réval und A. Ritter (1913) noch die von Fred. Noetzli „Gravity and Arch Action in Curved Dams", Trans. Am. Soc. Civ. Engineers 1921.

Abb. 5. Grimsel-Sperrmauer, Schweiz.

Der normale Stau liegt auf 1892,0 m
der höchste auf 1892,8 „
der niedrigste auf 1825,0 „

Abb. 6. Querschnitt der Grimsel-Sperrmauer.

Abb. 7. Lageplan der Talsperre im Flusse Chavanon (Frankreich).

Abb. 9. Howden-Sperrmauer (England). Die Linien im Querschnitt bedeuten Kern- und Drucklinien.

Frankreich: Eguzon (Indre), **204 m Seehöhe**, $H = 61$ m, Stauinhalt 58 Mill. m³, Dreieckquerschnitt mit 5 und 83,4 Neigung, Beton mit 30 vH Steinen, 220 000 m³ Beton (2,5 t/m³ Gewicht).

Chavanon (Hohe Dordogne), Abb. 7 und 8, 600 m Seehöhe, **Dreieckquerschnitt mit Steigungen 5 und 70 vH**, $H = 85$ m, Stauinhalt 210 Mill. m³, 300 000 m³ Beton, Gewicht 2,45 t/m³.

Haut Cher, $H = 45$ m, Stauinhalt 26 Mill. m³.

Dardennes, $H = 33{,}6$ m, Lignon $H = 29$ m, später auf 54 m zu erhöhen, Bouillonise 2000 m Seehöhe, Oule (Pyrenäen) 1800 m Seehöhe, Dreieckquerschnitt, $H = 30$ m, Stauinhalt 6,5 Mill. m³.

Spanien: Das Land entwickelt eine lebhafte Bautätigkeit auf diesem Gebiet (Min. of Proc. Inst. of Civ. Eng. London 1922). Camarasa, 376 m Seehöhe, $H = 85$ m, Stauinhalt 110 Mill. m³. **Grundriß** leicht gekrümmt, Dreieckquerschnitt, Beton mit 20 vH Steinen, Gewicht 2,45 t/m³. Tremp, Seehöhe 541 m, $H = 100$ m, Stauinhalt 220 Mill. m³, dreieckiger Querschnitt mit 5 und **85 vH Neigung. Im Bau oder in der Neubearbeitung sind** die Sperrmauern von Barcedana, $H = 30$ m, Dreieckquerschnitt mit Neigungen wie vor, Fayon (Ebro), $H =$ 58,5 m. **Außerdem bestehen eine** Reihe von Talsperren bis 70 m Höhe und 100 Mill. m³ Stauinhalt.

England: Derwent, $H = 54{,}9$. (Min. of Proc. 1918.) Howden, Abb. 9, $H = 58{,}9$.

Amerika (Vereinigte Staaten): **Wegen ihrer allzugroßen Anzahl sollen die weniger bedeutenden mit Höhen unter 30 m nicht berührt werden. Die ganz großen älte-**

Abb. 8. Querschnitt der Chavanon-Talsperre. 85 m Höhe, Beton-Zyklopenmauerwerk.

Abb. 11. Talsperre O'Shaugnessy mit Heberüberlauf und **Besichtigungsschächten, Gesamthöhe rd.** 131 m. Stauraum 427 **Mill. m³.**

ren Bauwerke sind durch die Literatur allgemein bekannt und sollen daher ohne nähere Beschreibung in nachstehende Aufstellung zusammengefaßt werden:

Sperrmauer	Höhe m	Stauinhalt Mill. m^3
Roosevelt	85,4	1570
Arrowrock	106,3	283
Elephant Butte . . .	93,3	3198
Sun River	99,0	332
Kensico	94,5	108
Olive Bridge	76,9	476
Lower Otay	52,0	—
Yadkin River	60,0	—
La Boquilla (Mexiko)	78,3	2800

Sonstige erwähnenswerte Mauern dieser Bauart: Don Pedro (Kalifornien), Abb. 10, $H = 95$ m, Stauinhalt $V = 320$ Mill. m^3, mit gekrümmtem Grundriß, großem dreieckigem Querschnitt. O'Shaugnessy (Kalifornien), Abb. 11 und 12, im ersten Ausbau $H = 104$ m, später 131 m, $V = 254$, später 427 Mill. m^3. Dreieckförmiger Querschnitt. Der Eisstoß ist mit 70 t/m eingesetzt, bei dem gemäßigten Klima und einer Seehöhe von nur 1000 m scheinbar eine übermäßig hohe Zahl. (Ausführliche Angaben in Trans. Am. Soc. C. E. 1922 S. 869/909.) Wilson (Alabama) mit dreieckigem gewölbtem Querschnitt, Länge 1253 m, Gesamthöhe 36 m. (Eng. News-Rec. 31. März 1921.) Lock Raven bei Baltimore, Abb. 13, dreieckiger Querschnitt, zum Teil gewölbt, 40 m über Gründungssohle, Länge 193 m, $V = 77$ Mill. m^3. Alpine (Kalifornien), gekrümmter Grundriß, $H = 30$ m, bemerkenswert wegen der Stickney-Syphone im Mauerwerk selbst. (Eng. and Contracting vom 14. April 1920.) Gilboa als letzte Erweiterung der Wasserversorgungsanlagen für New York, $H = 48$ m, $L = 390$ m, $V = 75{,}8$ Mill. m^3. Eine niedrige Verlängerung des Bauwerkes von weiteren 300 m Länge besteht aus Erdschüttung (Eng. News-Rec. 29. Juni 1919). Stevenson (Connecticut) mit gewölbtem Profil, $H = 36{,}7$ m, $L = 360$ m (Eng. News-Rec. 30. September 1920). San Joaquin River (Kalifornien), $L = 1260$ m, $H = 99$ m (Eng. News-Rec. 20. Januar 1921). Eel River, $H = 40{,}5$ m, $L = 230$ m, mit bemerkenswerten Einzelheiten (Eng. News-Rec. 5. Mai 1921).

Abb. 10. Talsperre Don Pedro (Kalifornien) im Bau.

Unmittelbar vor der Genehmigung steht der Bau der großartigen Anlage für Los Angeles, der mit 50 Mill. Dollar Kosten angesetzt ist. Dazu gehören die Mauern von San Gabriele mit normal $H = 160$ m (gekrümmter Grundriß, dreieckiger, leicht hohler Querschnitt, Fußbreite bei Wassertiefe von 160 m = 128,4 m, $V = 296$ Mill. m^3, Gewichtmauer); ferner die oben bereits erwähnte Sperrmauer von Pacoima mit einfachem Bogen und $V = 14{,}3$ Mill. m^3. Unter den vielen Sperrmauern dieser Anlage mit geringer Höhe in Mauerwerk oder Erdschüttung findet sich eine mit mehrfachen Bogen für $V = 1{,}48$ Mill. m^3 Inhalt und rd. 47 m Höhe, eine Anordnung, die bei diesem Stauinhalt und dem dortigen Klima in einem sehr dünn bevölkerten Gebiete keinerlei Gefahren in sich schließt.

Beachtenswert sind die Kosten der Vorarbeiten für die zwischenstaatliche Sperre von Boulder Canyon am Colorado River, eine Gewichtmauer von etwa 215 m Höhe. Diese Vorarbeiten, die allein die Untersuchung des Standortes umfaßten, haben 2½ Mill. $ bei 50 Mill. $ Baukosten erfordert. Der Inhalt der Mauer in Zyklopenart mit Beton wird 3,15 Mill. m^3, der Stauinhalt rd. 50 000 Millionen m^3 umfassen, das ist hundertmal so viel wie der der Talsperre von Tirso.

Abb. 12. Gesamtansicht der Talsperre O'Shaughnessy (Kalifornien).

Kanada. Hier hat man nur Sperrmauern von mittlerer Höhe, darunter eine der Bauart Ambursen von 22 m Höhe gebaut.

Mittelamerika. Bemerkenswert wegen der Seehöhe von 4636 m ist eine Gewichtmauer in Bolivia (s. Eng. News-Rec. 22. März 1923). Die schwache Bauart ist nicht vertreten.

Afrika. Unter den Gewichtmauern ist die Sperre von Assuan zu nennen, die nur 26 m hoch, aber 2 km lang ist.

In Südafrika sind bedeutende neuzeitliche Sperrmauern im Bau. Die von Richmond (Transvaal), eine Gewichtmauer mit 60,6 m Höhe über der Gründungssohle aus Beton mit Steinverkleidung, hat 143 Mill. m^3 Stauinhalt (s. Ann. Trav. Publ. de la Belgique, Oktober 1919). Mazoe (Rhodesia), Gewichtmauer, $H = 25$ m in bemerkenswert sorgfältiger Ausführung (s. Proceedings Inst. Civ. Eng. 1923 S. 314 Bd. 216). Einen Bogen hat die Mauer von Hartebeest Port bei Pretoria; sie ist 52 m hoch, 4,5 m breit an der Krone und 22 m am Fuße (s. Eng. News-Rec. 5. Juni 1924 und Engg. 14. März 1924).

Australien. Außer Bogenmauern in sehr engen Schluchten sind in den letzten Jahren bedeutende Gewichtmauern gebaut worden: Cataract River, $H = 60$ m, Dicke unten 51,4 m, $V = 97$ Mill. m^3; Bris-

Abb. 13. Talsperre Lock Raven (Vereinigte Staaten von Amerika). Höhe 40 m über Gründungssohle, 77 Mill. m^3 Stauinhalt, mit Besichtigungsgängen.

Abb. 14.
Talsperre Burrinjuck, aus großen Einzelblöcken gebaut. 74,5 m hoch, Stauinhalt 960 Millionen.

bane, $H = 38$ m; Burrinjuck, Abb. 14, $H = 74{,}5$ m, $V = 960$ Mill. m³, Gewichtmauer, gekrümmter Grundriß, dreieckiger Querschnitt, Mauerinhalt 310 000 m³, aus großen Einzelblöcken gebaut; Hobart (Tasmania), $H =$ 58 m (s. Proceedings Inst. C. E. Bd. 216, 1923), Gewichtmauer, gekrümmter Grundriß, wie bei fast allen genannten Beispielen. Viel Rühmens wird von der Mauer mit mehreren Bogen von Great Lake (Tasmania) gemacht, die nur 12 m hoch ist. Sie hat 336 m Länge und 12 m Pfeilerentfernung und befindet sich unter 42° südlicher Breite.

Asien. Eine Mitteilung des „Engineering News-Record“ vom 22. Mai 1924 läßt den Bau einer Sperrmauer mit mehreren Bogen und Widerlagern in Indien erwarten (Sukkur Barrage), deren Höhe 55 m und Länge 1600 m betragen soll. Anscheinend ist dieser Bau eine in erheblichem Maßstabe vergrößerte Nachbildung des Bauwerkes von Meer Allum[1]) in Indien, das schon im Jahre 1800 bestand und 12 m hoch und 54 m lang war.

In Indien kennt man bereits seit 3000 Jahren kleine Staubecken zu Bewässerungszwecken, diese werden durch neuzeitliche Ausführungen ersetzt. Unter allen neueren bestehenden und geplanten großen Bauwerken findet man kein einziges der schwachen Bauart oder mit mehreren Bogen. Erwähnenswert ist die seinerzeit bedeutende Gewichtmauer von Periyar, die kurz vor 1900 beendet wurde, mit $L = 373$ m und $H = 52$ m von Krone bis Flußbettsohle.

Weiterhin seien nur die in den Jahren 1918 bis 1921 im Bau fortgeschrittenen Mauern genannt: Bhandarara, $H = 82.4$ m, $V = 306$ Mill m³, Gewichtmauer mit nahezu dreieckigem Querschnitt. Bathgarh, Gewichtmauer, $H = 60$ m, $L = 1626$ m, $V = 688$ Mill. m³. Vor der Genehmigung stehen (sämtlich Gewichtmauern): Cauvery (Punjab) $H = 60$ m, $V = 2264$ Mill. m³ und Bhakra (Punjab), $H = 120\frac{1}{2}$ m, $V = 3370$ Mill. m³.

Schlußfolgerungen.

Aus dieser Betrachtung von Talsperren verschiedener Länder kann man auf die für die deutschen Verhältnisse günstigste Bauart schließen:

1. Die Schwergewichtmauer wird heute im Auslande bevorzugt. Man legt dabei Wert auf die im Grundriß gekrümmte Form, während man früher überwiegend gerade baute. Die Gewölbemauer mit einfachem Bogen ist bei geeigneten örtlichen Verhältnissen (enges Tal, Möglichkeit der Anwendung eines kleinen Halbmessers, feste Berghänge) zur Kostenersparnis angebracht. Die vor einigen Jahren übliche Bevorzugung der aufgelösten Bauart hat nachgelassen. Die schwache Bauweise beschränkt sich auf geringe Höhen und wird in kleiner Anzahl gefunden, während die Gewichtmauern Höhen von 50 bis 160 m erreichen und in ernst zu nehmenden Entwürfen dieses Maß übersteigen. Wo Gewichtmauern nach den örtlichen Verhältnissen nicht zulässig sind, sind es naturgemäß auch nicht solche mit ein- oder mehrfachen Bogen. Hier kommen allenfalls Erdschüttungen, etwa in Verbindung mit Trockenmauerwerk, von geringer Höhe in Betracht, wobei natürlich, wie in allen Fällen, eine gewissenhafte Bauausführung notwendig ist.
2. Die Mauern werden überwiegend ohne Durchbrechungen hergestellt, während wir immer noch aus Sparsamkeitsgründen die Rohre, Stollen usw. für Nutzwasserentnahme, ja, Hochwasserentlastung in die Mauer selbst verlegen, wodurch die Standsicherheit bedenklich geschwächt wird. Das Ausland entlastet aber die Berghänge und entnimmt das Wasser aus Stollen in den seitlichen Hängen, das ist, wie ich schon im Handbuch der Ingenieurwissenschaften dringlich betont habe, durchaus nachahmenswert[2]).
3. Soweit aus den Zeichnungen ersichtlich ist, sind die Mauern ohne Sohlenentwässerung hergestellt (außer in Österreich). Diese ist aber mit Rücksicht auf die Standsicherheit notwendig und ist aus wirtschaftlichen Gründen als vorteilhaft erkannt. Das Vorhandensein des Druckes von unten auf die Sohle ist durch Messungen an ausgeführten Anlagen nachgewiesen und schätzungsweise der Größe nach bekannt; er hängt allerdings auch von der Beschaffenheit des Gesteins ab. Über die Größe der gedrückten Fläche besteht noch Unklarheit. Nach Wahrnehmungen des Verfassers bei Bauausführungen kann man für geschlossenen Fels 20 vH der Gesamtgrundfläche annehmen. Jedenfalls ist eine Ableitung des Druckes von Vorteil.
4. In einer Reihe von Querschnitten sehen wir Besichtigungsgänge im Innern angeordnet, die wohl zuerst bei deutschen Anlagen eingerichtet wurden (Marklissa 1903). Die Erfahrung hat ihre Vorteilhaftigkeit bestätigt.
5. Abweichend von unserer Bauweise, die wir im allgemeinen in wagerechten, nach der Luftseite schwach ansteigenden Schichten mauern, zeigen die Abbildungen 10 und 14 lotrechte Absätze und Fugen, und die Entlastung für das Wasser während des Baues ist an die Flanken der Sperrmauer gelegt.

Man wird in Deutschland den Gedanken der aufgelösten Bauweise, wenn damit auch, wie durch viele genaue Ermittlungen dargetan ist und auch von niemand ernstlich bestritten wird, zwar keine Kostenersparnis gegenüber der Schwergewichtmauer verbunden ist, keineswegs ablehnen dürfen, aber man sollte vorsichtig und versuchsweise vorgehen, um erst nach und nach die Eigenschaften dieser Bauweise im Betriebe zunächst an kleinen, dann an wachsenden Talsperren zu beobachten, und mit den fortschreitenden Erfahrungen die Bauart den örtlichen Gebirgs- und klimatischen Verhältnissen anpassen, soweit die notwendigen statischen Vorbedingungen erprobt sind.

Wir können in Deutschland leider noch nicht aus Erfahrung über die aufgelöste Bauweise sprechen. Die einzige große Mauer dieser Art — Vöhrenbach im Schwarzwald — ist noch nicht in Betrieb genommen. Wir müssen also unsere Anschauungen aus bestehenden Talsperren nach der Schwergewichtbauart und aus anderen Bauwerken, wie Schleusen, Wehren, Kraftwerken, Wasserbehältern, Ufermauern, in Staudämmen eingebauten Überläufen aus Mauerwerk usw., herleiten. Und diese Beobachtungen an einzelnen Pfeilern, Gewölben und plattenartigen Bauten sind nicht immer günstig gewesen. Es haben sich Risse, Abblätterungen und Abbrüche mancherlei Art gezeigt. Schon aus diesen Ergebnissen kann man Schlüsse ziehen, die warnen, bei uns mit allzu dünnwandigen Mauern zu arbeiten. Dazu kommen dynamische Wirkungen, denen auch die Sperrmauern nicht ganz entgehen (Hochwasser, Eisdruck), vor allem aber die Bewegungen in den Talsperrenmauern unter den wechselnden Wasserständen und Witterungseinflüssen, vornehmlich bei Sonnenbestrahlung. Darüber weitere Erfahrungen zu sammeln und mitzuteilen, wäre wertvoll für die Verfolgung dieser für unsre Wasserwirtschaft bedeutsamen Frage. [296]

[1]) Handbuch d. Ing.-Wissenschaften, Band Talsperren S. 337.

[2]) 4. Aufl. 1913, Teil 3 Bd. Talsperren S. 358 u. f.

Der elektrische Fernseher, das „Telehor".

Von Paul Diner-Dénes.

Beschaffenheit und Arbeitsweise des v. Mihályschen Fernsehgerätes mit besonderer Berücksichtigung der Einrichtungen zum Bildzerlegen und Bildzusammensetzen. Die Frage der lichtempfindlichen Selenzelle.

Das Fernsehgerät des ungarischen Ingenieurs Dionys von Mihály, das „Telehor", mit dem man auf größere Entfernungen geometrische Figuren, Buchstaben, Silhouetten und Umfänge sich bewegender und stehender Bilder, wenn auch noch grobkörnig, übertragen hat, versucht die Aufgaben des Fernsehens auf folgende Weise zu lösen:

Die erste Aufgabe war, ein Bildzerlegungsgerät zu bauen, das imstande ist, ein in die Dunkelkammer projiziertes Bild innerhalb $^1/_{10}$ Sekunde in seine Elemente zu zerlegen (z. B. ein 10 × 10 cm großes Bild in 10 000 Teilchen, Bildelemente von je 1 mm²). Jan Szczepanik war der erste, der zur Bildzerlegung zwei schmale, in senkrechter Ebene schwingende Spiegelchen verwendete. Er zeigte damit zweifellos schon den richtigen Weg. Da aber mit Elektromagneten (mit denen Szcepanik den Sekundärspiegel in Schwingung bringen wollte) Frequenzen bis zu 100 000 Hertz in 1 s — wie sie die Praxis erfordert — bei solchen Körpern mit verhältnismäßig großer Masse nicht bei großer Amplitude erreichbar sind, so verursachte dieses Verfahren große Unregelmäßigkeiten.

Von Mihály hatte aus diesem Grunde bei seinen ersten Versuchen an Stelle des zweiten sekundären Spiegelstreifens einen Oszillographen benutzt. Er ließ die Bildstreifen, die der erste Spiegel projizierte, durch eine Zylinderlinse sammeln. Da aber die optischen Schwierigkeiten bei dieser Anordnung noch immer zu groß waren, verwarf v. Mihály gänzlich das Szcepaniksche Verfahren der Bildzerlegung und verwendete den Oszillographen, also den Sekundärzerleger, zugleich auch als Primärzerleger, Abb. 1 und 2.

Hierbei wird durch das Objektiv *a* das aufgenommene Bild anstatt auf eine Mattscheibe auf eine an deren Stelle angebrachte Linse *b* geworfen, die es auf eine kleine Fläche zusammenzieht und auf den Spiegel *c* des Oszillographen wirft. Von hier aus divergiert das Lichtbündel und wird in einem Winkel von 90° auf eine Blende mit sehr kleiner Öffnung *h* geworfen, hinter der sich das lichtwahrnehmende Organ befindet. Nun wird die Schleife des Zerlegeroszillographen, Abb. 3, nach Durchleitung schneller Wechselströme in Schwingungen um die lotrechte Achse gebracht, gleichzeitig aber wird die durch die Querachse gehaltene Schleife auch um diese Achse mittels eines phonischen Rades über ein Exzenter in Schwingungen versetzt. Dadurch wird das Bild nach jeder Richtung hin bewegt und über die Öffnung der Blende mit dem lichtempfindlichen Organ geführt, das auf diese Weise das Bild in einzelnen Streifen abtastet.

Oszillographen sind imstande (wie z. B. der schon längst bekannte Blondelsche Nadeloszillograph), allerdings bei Anwendung sehr ansehnlicher Stromstöße (0,3 A), 50 000 Schwingungen in der Sekunde auszuführen, und da bei dem Mihályschen Verfahren nur 500 Schwingungen in der Sekunde von dem Oszillographen ausgeführt werden müssen, und da überdies hier nur von Bildzerlegungen die Rede ist, wobei die für den Oszillographen nötigen Stromstöße künstlich erzeugt werden können, bedeutet das so viel, daß man mit der Mihályschen Anordnung imstande ist, nicht nur ein Bild von 10 cm², sondern ein hundertmal so großes Bild, oder aber ein 10 cm² großes Bild nicht in Streifen von 1 mm, sondern in solche von $^1/_{100}$ mm Breite zu zerlegen.

Nun müssen die 10 000 Bildelemente innerhalb der Augenträgheit, also während $^1/_{10}$ Sekunde, übertragen werden, das bedeutet in der Sekunde 100 000 äußerst feine Änderungen. Die mit Trägheit arbeitende Selenzelle ist aber zur Erzielung dieser großen Geschwindigkeit nicht geeignet. Die mit den Selenzellen älterer Bauart gemachten schlechten Erfahrungen verleiteten auch Dionys von Mihály, längere Zeit hindurch mit andern Mitteln Versuche anzustellen. Die Selenzelle verändert auf die Einwirkung des Lichtes hin ihren elektrischen Widerstand, andre Zellen wieder (wie z. B. Aluminium-, Kalium-, Rubidiumzellen usw.) entwickeln bei dieser Einwirkung elektromotorische Kraft.

Letztgenannte Zellen arbeiten gewöhnlich ohne jede Trägheit. Mihály stellte aber durch Versuche fest, daß die Impulse dieser Zellen viel geringer sind als selbst die der Selenzellen minderwertiger Beschaffenheit, wenn man so schwache Lichtänderungen und eine so hohe Frequenz, wie es beim Fernsehen erforderlich ist, anwendet.

Es mußte also eine verbesserte Selenzelle geschaffen werden, Abb. 4. Bei dieser neuen Selenzelle war aber auch noch eine zweite große Schwierigkeit zu beseitigen, die aus der Kleinheit der Bildelemente (1 mm²) folgt. Erfahrungs-

Abb. 1. Schema der Sendeanlage.

a Objektiv
b Sammellinse
c Zerlegerspiegel
d, e Pole des Zerleger-Oszillographen
f Phonisches Rad nach La Cour
g Stimmgabel-Unterbrecher
h Diaphragmaöffnung.

Abb. 2. Sendevorrichtung.

Abb 4. Selenzelle nach v. Mihály.

gemäß arbeiten nämlich Selenzellen nur dann mit der besten Wirkung, wenn die Lichtschwankungen ihre ganze Oberfläche treffen; denn ein jeder Punkt einer größeren Selenzelle hat Lichtwirkungen gegenüber einen andern Empfindlichkeitsgrad. Es war also notwendig, die Oberfläche der Selenzelle der Größe der Bildelemente anzupassen.

Dionys von Mihály gelang es, Selenzellen zu schaffen, die alle Schwierigkeiten beseitigten. Seine Selenzellen arbeiten ohne praktisch wahrnehmbare Trägheit, d. h. die Zellen können 25 000 bis 30 000 Änderungen ohne meßbare Trägheit wahrnehmen, 100 000 in der Sekunde mit einer solchen von 5 vH der Amplitude. Seine Zellen haben 42 Elektroden auf 1 mm, während Selenzellen älterer Bauart auf der ganzen Oberfläche nur 2 bis 3 Elektroden aufweisen. Die Elektroden liegen bei einer 60fachen Linearvergrößerung noch völlig parallel. Ihr Dunkelwiderstand beträgt fast genau 250 000 Ω. Bei zerstreutem Licht vermindert er sich um die Hälfte seines Wertes.

Die durch die Selenzelle zu elektrischen Impulsen umgewerteten Bildelemente gelangen mittels ungedämpfter elektromagnetischer Schwingungen zu der Empfangstelle, Abb. 5, wo die schwachen Stromschwankungen durch Hochvakuumröhren noch bedeutend verstärkt werden.

Die optische Wahrnehmung der bei der Empfangstelle anlangenden außerordentlich schnellen und äußerst kleinen Stromstöße kann nur mit einem empfindlichen Organ geschehen, damit die immerhin notwendige Verstärkung nicht die praktisch möglichen Grenzen überschreitet. Für den Zweck eines solchen aufzeichnenden Organs eignet sich am besten ein Lichtrelais-Oszillograph. Die anlangenden Bildströme setzen den Spiegel des Lichtrelais-Oszillographen *a*, der durch das gesammelte Licht einer starken Lichtquelle *b* beleuchtet wird, in Bewegung. Der zurückgeworfene Lichtstreifen fällt im Ruhezustand des Oszillographen vor die Spitze des keilförmigen Lichtspaltes *c*, dringt aber durch diesen nicht hindurch. Der Relaisspiegel wird nun je nach der Stärke der ankommenden Ströme von der Ruhelage abgelenkt, und so kann das Lichtbündel durch den Lichtspalt mehr oder weniger, je nach der Stärke der Stromstöße, hindurchdringen. So fällt durch die Zylinderlinse *d* schwächeres oder stärkeres Licht auf den gegenüberliegenden Spiegel des bildzusammensetzenden Oszillographen *e*, der das Licht auf den Projektionsschirm *f* wirft.

Abb. 3. Schema des Lichtrelais-Oszillographen.

p Spiegel
n, *s* Pole eines starken Elektromagneten
e Diaphragma
o Bogenlampe.

Oszillographen, die Schwingungen bis zu 50 000 Hertz aufschreiben, waren schon längst bekannt (Blondels Nadeloszillograph); dieser erfordert aber sehr starke Änderungen, nur bei mehreren Milliampere macht sein Spiegel einen Ausschlag. Der Siemenssche Bifilaroszillograph spricht wiederum auf äußerst schwache Stromstöße an, seine Frequenz ist aber sehr niedrig. Mihálys Oszillograph vermag nun außerordentlich hohe Frequenzen (bis 100 000 Hertz) bei sehr starker Empfindlichkeit aufzuzeichnen. Bei seinem Oszillographen, der zu den Bifilaroszillographen (Saitengalvanometer) gehört, kann man mit Hilfe von mit Mikrometerschrauben versehenen Reglern die Saiten äußerst fein, etwa auf $^1/_{100}$ bis $^2/_{100}$ mm, einander nähern.

Die Synchronisierung löst v. Mihály auf folgende Weise: Die Frequenzsynchronisierung erreicht er mit Hilfe eines Stimmgabelunterbrechers nach La Cour (phonisches Rad), die Phasensynchronisierung mit einer Berichtigungsvorrichtung, Abb. 6.

Auf der Sendestelle wird zwischen den Linsen *a* und *b*, Abb. 1, eine Glasplatte auf dem Wege der Lichtstrahlen aufgestellt. Am Rande dieser Glasplatte werden z. B. drei undurchsichtige Stellen (*x*, *y*, *z* in Abb. 6) eingeschaltet, die die Übertragung von drei Bildelementen verhindern. Es ist klar, daß solche undurchsichtigen Stellen bei der Bildaufnahme auf dem Schirm der Empfangstelle auf derselben Stelle als Schattenflecke erscheinen. Beim Auftreten eines Asynchronismus gelangen nun diese Flecke an andre Stellen, was selbst mit freiem Auge sofort bemerkbar ist. In diesem Falle muß also dafür gesorgt werden, daß der Empfänger mit Einstellung des regelbaren Widerstandes beschleunigt oder verlangsamt wird, bis die Phasensynchronisierung wieder hergestellt ist, d. h. bis die Schattenflecke mit den bezeichneten Stellen übereinstimmen. [B 761]

Abb. 5. Empfangstelle des Telehors.

a Spiegel des Lichtrelais-Oszillographen
b Lichtquelle
c keilförmiger Lichtspalt
d Zylinderlinse
e Oszillograph, der das Bild zusammensetzt *f* Projektionsschirm.

Abb. 6. Schema der Berichtigungsvorrichtung.

s Bildebene im Sender
r Bildebene im Empfänger
x, *y*, *z* Synchronzeichen
x_1, y_1, z_1 Berichtigungszeichen.

Philipp Hermann Rosenkranz †.

Ph. H. Rosenkranz wurde als Sohn des bekannten Philosophen und Literaturhistorikers Karl Rosenkranz an der Universität zu Königsberg am 16. April 1836 geboren. Seine Mutter war eine geborene Gruson aus Magdeburg. Von den Eltern scheint er die Neigung zum tiefen Eindringen in das Wesen der Dinge und zur Anwendung der Ergebnisse seiner Überlegungen in der Technik geerbt zu haben.

Nachdem er auf dem Löbenichtschen Realgymnasium das Einjährigenzeugnis erworben hatte, besuchte er eine Zeitlang die Kunstakademie zu Königsberg, wohin ihn seine Veranlagung zum zeichnerischen Komponieren führte — hatte er doch schon als 12jähriger Knabe ein ganzes Rheinpanorama in langen Streifen entworfen —, doch die Neigung zur Technik gewann die Oberhand, und es folgte eine gründliche Lehrzeit in der Steinfurtschen Eisengießerei und Maschinenfabrik. Die wissenschaftlichen Kenntnisse erwarb sich Rosenkranz auf der damaligen Gewerbeakademie in Berlin, ebenso diente er in Berlin sein Freiwilligenjahr bei den Elisabethern ab.

Nach Abschluß der Studien trat er in Magdeburg, der Geburtstadt seiner Eltern, bei Schäffer & Budenberg, der bekannten Fabrik für Kesselarmaturen, in die praktische Tätigkeit. Die ihm hier zugewiesenen Aufgaben scheinen seinen Neigungen und Veranlagungen besonders entsprochen zu haben, denn schon nach wenigen Jahren erwarb er sich die Anerkennung der Werkleitung und wurde Oberingenieur. Schäffer & Budenberg sahen sich veranlaßt, ihn im Jahre 1867 als ihren Vertreter zur Weltausstellung in Paris zu entsenden, von wo er mit vielen neuen Anregungen heimkehrte.

Der Wunsch nach einer freieren und unabhängigen Betätigung veranlaßte ihn nun aber bald, mit zwei Kaufleuten zusammen ein neues Unternehmen, die Firma Dreyer, Rosenkranz & Droop zu gründen, das am 1. Dezember 1870 in Hannover eröffnet wurde. Als Arbeitsgebiet wurde der Bau von feineren Armaturen für Dampfkessel gewählt. Dem erfinderischen Geist von Rosenkranz ist es zu verdanken, daß bald eine Reihe hochwertiger Sonderbauarten herausgebracht wurde, die schnell den Weltruf der Firma begründeten und auch die Aufmerksamkeit der technisch-wissenschaftlichen Kreise auf sie lenkten. Mit großer Liebe wandte sich Rosenkranz dem Bau von Feinmeßgeräten zu, so auch von Wassermessern, die einen starken Absatz im Auslande fanden.

Besonders bekannt wurde aber Rosenkranz durch den von ihm zur höchsten Stufe der Vollendung durchgearbeiteten Indikator, der wirtschaftlich und wissenschaftlich wertvolle Beobachtungen ermöglichte und die deutsche Industrie von dem Bezug dieser Apparate vom Ausland unabhängig machte. Das ursprünglich nur als eine Anleitung herausgegebene Buch „Der Indikator und seine Anwendung" hat sich zu einem wichtigen Werk ausgewachsen, das sieben Auflagen erlebte, deren letzte 1914 Rosenkranz noch selbst bearbeitet hat. Von den Rosenkranzschen Konstruktionen sind weit verbreitet auch die Vollhub-Sicherheitsventile, Druckminderventile, Manometer und Wassermesser, doch hat er auch alle sonstigen und vielgestaltigen Erzeugnisse seiner Fabrik auf voller Höhe gehalten und sich damit ein hohes Verdienst um die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des Dampfkesselbetriebes erworben, ebenso um die Erhöhung des Ansehens deutscher Erzeugnisse im Auslande.

Obschon Rosenkranz bereits vor fast 30 Jahren krankheitshalber als Teilhaber aus dem Unternehmen ausgeschieden war, ist er doch noch bis kurz vor seinem Tode täglich vor- und nachmittags an seinem alten Arbeitsplatz erschienen und hat seine reichen Erfahrungen zur Verfügung gestellt, wobei sein erstaunliches Gedächtnis immer wieder Bewunderung erweckte.

Für sich eine anspruchlose Persönlichkeit, die sich niemals an die Öffentlichkeit drängte oder Anerkennung heischte, fand Rosenkranz ein volles Genüge im engeren Verkehr mit seinen Berufsgenossen im Hannoverschen Bezirksverein, dessen Mitglied er schon im Gründungsjahr 1870 war und dem er 55 Jahre angehört hat. In zahlreichen anregenden Vorträgen hat er über seine Erfahrungen berichtet. Im Jahre 1878 war er Vorsitzender des Vereins und sonst wiederholt in andern Ehrenämtern tätig. Jahrzehntelang sah man ihn an jedem Freitag in der Sitzung seinen bestimmten Platz einnehmen. Für die geselligen Veranstaltungen stellte er sein bedeutendes zeichnerisches Talent und seinen frischen Humor gern zur Verfügung. In Anerkennung der Verdienste um die Technik und um das Vereinsleben wurde er zum Ehrenmitglied des Vereins ernannt. Er war auch Mitbegründer und in den ersten Jahren Vorstandmitglied des Dampfkessel-Überwachungsvereins zu Hannover.

Rosenkranz hatte bereits im Jahre 1864 einen eigenen Hausstand gegründet, und es war ihm beschieden, mit seiner ihn überlebenden Gattin die seltene Feier der diamantenen Hochzeit zu begehen. Die hochbetagten Eltern, deren Sohn in jugendlichem Alter hingerafft wurde, erfreuten sich der liebevollen Fürsorge ihrer einzigen, an den Fabrikdirektor Laue verheirateten Tochter.

Der Verein deutscher Ingenieure verliert in dem am 31. August verstorbenen, fast 90jährigen Rosenkranz sein ältestes Mitglied und betrauert den Verlust eines um die Technik hochverdienten, durch sein Wirken vorbildlichen Mannes. [P 1016] Thraenhart.

Der Hannoversche Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure.

RUNDSCHAU.

Aus dem Ausland.

Werkzeugmaschinen.

Vorrichtungs-Bohrmaschine von Pratt & Whitney.

Die wichtigste Arbeit bei der Herstellung von Vorrichtungen und Werkzeugmaschinen ist die Fertigstellung genauer Bohrungen mit richtiger Lage zueinander. Die bekannteste Möglichkeit, derartige Bohrungen herzustellen, die heute in jeder besseren Maschinenbauwerkstatt Anwendung findet, besteht darin, daß auf der Drehbank, der Universalfräsmaschine oder dem Wagerechtbohrwerk die Abstände von Loch zu Loch oder von Loch und wagerechter oder senkrechter Koordinatenachse mittels Endmaße eingestellt werden. Dies Verfahren ist einfach und grundsätzlich richtig, da es das messende Element von dem Bewegungselement des Schneidwerkzeuges trennt und als Meßwerkzeug ein höchst einfaches und widerstandfähiges Werkzeug, das Parallelendmaß, verwendet. Eine Abart stellt das sogenannte Knopfverfahren dar, bestehend in der Zentrierung von Vorrichtungskörpern von Loch zu Loch durch angeschraubte Richtbuchsen. Der Abstand der Buchsen voneinander wird durch Endmaße festgelegt und nach der durch die erwähnten Schrauben festgehaltenen Lage der Vorrichtungskörper auf seiner Bearbeitungsmaschine ausgerichtet und hierauf festgespannt.

In den letzten Jahren sind verschiedene Maschinen auf den Markt gekommen, die die Buchsen durch einen Kreuzschlitten und zum Teil die Endmaßeinstellung durch Schlittenspindel und Skala ersetzen wollen. Das Titania-Werk brachte eine Senkrechtbohrmaschine zur Herstellung von auf Umschlag passenden Bohrungen ohne Vorrichtung heraus. Fritz Werner A.-G. baut eine sehr handliche kleine Wagerechtbohrmaschine zur Herstellung von Vorrichtungen. Das Samson-Werk vertreibt eine kleine Wagerechtfräsmaschine mit besonders großen Bewegungen für den gleichen Zweck. Diese Maschinen können sowohl mit Skala als mit Endmaßen arbeiten, was auch für eine neu herausgekommene amerikanische Maschine der Firma Pratt & Whitney Co. zutrifft.

Der sehr einfache Aufbau der Maschine ist aus Abb. 1 zu ersehen: die Bohrspindel ist senkrecht gestellt, sehr lang gelagert, und wird mittels einer großen Riemscheibe von einem 2 PS-Motor aus angetrieben. Der Tisch ist auf allen vier Seiten genau zur Spindel ausgerichtet und trägt Feinmeßeinrichtungen, bestehend aus einer Vereinigung von Endmaßen, Innenmikrometer und Meßuhr mit Vergrößerungsglas. Die Endmaße sollen der gröberen Unterteilung, das Innenmikrometer der Messung auf hundertstel, und die Meßuhr zur genauen Einstellung auf tausendstel Millimeter dienen. Die Schmierung der Maschine ist besonders reichlich. Es sind acht Spindelgeschwindigkeiten von 22 bis 300 Uml./min und vier Spindelvorschübe von 0,0625 bis 0,25 mm/Uml. vorgesehen. Das hohe Gewicht der Maschine von 2720 kg zeugt für die kräftige Ausbildung, mit der man die Einhaltung der Genauigkeit zu gewährleisten versucht hat. Die Maschine soll auf Umschlag genau arbeiten.

Das Einstellen besteht im wesentlichen darin, daß ein Null- oder Ausgangspunkt festgelegt und nun dieser Punkt in genauem Abstand von zwei Koordinatenachsen bewegt wird. Das erste zu bohrende Loch wird nach der Bohrspindel durch eine aufgeschraubte Buchse ausgerichtet. Der Nullpunkt der Meßeinrichtung wird dann wie folgt eingestellt: Das Innenmikrometer wird auf null gestellt, wobei das eine Ende gegen die Meßuhr anliegt, Abb. 2. Der Tischanschlag wird dann gegen das Mikrometer bewegt und festgestellt und die Meßuhr gedreht, bis die Nadel über null steht. Diese Nulleinstellung der Meßuhr bleibt so lange fest, bis die Arbeit beendet ist. Darauf wird der Tisch mit Hilfe des Handrades für Schnellauf nach links gedreht, und zwar ein wenig weiter, als die gewünschte Entfernung ausmacht. Die erforderlichen Endmaße in vollen Millimetern werden dann in die Rinne gelegt, und das Mikrometer wird auf die notwendigen hundertstel Millimeter eingestellt. Dann wird der Tisch mittels des Handrades für langsamen Gang wieder nach rechts bewegt, bis die Meßuhr die gewünschte Einstellung auf hundertstel Millimeter anzeigt. Wiederholt man diesen Vorgang auch für den anderen Schlitten, so ist die Maschine zum genauen Bohren des zweiten Loches eingestellt.

Zur Herstellung von Ringlehren und Bohrplatten, die im Winkel eingestellt werden müssen, wird ein Rundtisch mit einer tuschierten Arbeitsfläche von 500 mm Dmr. geliefert. Die Antriebschnecke besteht aus gehärtetem und geschliffenem Stahl. Eine Umdrehung der Schnecke, d. h. des Handrades, dreht den Tisch um 3 Grad. Zum genauen Einstellen ist ein Handrad für langsame Bewegung vorhanden, das mit der Hauptschneckenwelle durch eine kleine Schnecke oder ein Schneckenrad verbunden ist. Die Teilscheibe der Schneckenwelle ist auf 5 Winkelsekunden unterteilt. Während des Bohrens wird der Tisch durch einen Bolzen festgespannt.

Die Maschine wird sich bei hohen Mengenziffern von Vorrichtungen, d. h. in größeren Werkzeugmachereien, bezahlt machen. [M 941] B.

Abb. 1. Vorrichtungs-Bohrmaschine von Pratt & Whitney.
a Meßeinrichtung für Querbewegung des Tisches *b* desgl. für Längsbewegung des Tisches *c* Wechsel der Spindelgeschwindigkeit *d* Vorschubwechsel *e* Oelbehälter.

Abb. 2. Feinmeßeinstellung.

Wasserkraftmaschinen.

Die Propellerturbinen des Elektrizitätswerkes WYNAU.

Der Grundgedanke der Propellerturbine ist bereits in der Mitte des vorigen Jahrhunderts bekannt geworden. Schon die alten Jonvalturbinen waren mit Laufrädern ausgerüstet, die mit propellerförmigen Schaufelkränzen ohne Außenring versehen waren. Mit Rücksicht auf die damals übliche kleine Umfangsgeschwindigkeit wurden die Schaufeln stark gebogen.

Als Pionier im Bau der eigentlichen Propellerturbinen dürfte wohl der Amerikaner Truax in Betracht kommen, der schon im Jahre 1862 ein Patent auf eine Turbine mit vierflügeligem Propellerrad ohne Außenring erhielt. Um den Wasserwirbel im Sinne der Drehrichtung des Rades zu erzeugen, hat Truax das Wasser dem Rade durch eine Spirale zugeführt. Ein eigentlicher Leitapparat war nicht vorgesehen. Horton und Williams erhielten

RZ703Z4

Abb. 6. Kreisschnitt durch die Kippsegmente und die untere Linse des Ringspurlagers.

RZ703Z1

Abb. 3. Ansicht des Lauf- und des Leitrades der Wynau-Turbine, gebaut von den Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey.

im Jahre 1877 bzw. 1893 Patente auf vierflügelige Laufräder, die den Schiffspropellern sehr ähnlich waren. Die Schaufeln waren, in der Umfangrichtung gemessen, kürzer als der Abstand zwischen den einzelnen Schaufeln.

Leider ist dann die Propellerturbine während Jahrzehnte von den Francisturbinen fast ganz verdrängt und erst vor etwa dreizehn Jahren von Prof. Dr. Kaplan in Brünn und Ing. Nagler in Milwaukee wieder aufgegriffen und vervollkommnet worden. Die vorzüglichen von Kaplan erreichten und veröffentlichten Versuchsergebnisse haben die meisten Turbinenbauer angespornt, die Konstruktion der Propellerturbinen wieder aufzunehmen.

Die Propellerturbinen in Wynau. Die A.-G. Elektrizitätswerke Wynau in Langenthal i. d. Schweiz haben gegenüber ihrem alten Kraftwerk, auf der linken Seite der Aare, ein neues Kraftwerk von 10 000 PS Leistung errichtet. Dabei wurde der vom Wehre der alten, auf dem rechten Ufer gelegenen Anlage erzeugte Stau benutzt.

Die Lieferung von vier Propellerturbinen für dies Werk, berechnet für 2,5 bis 5,2 m veränderliches Gefäll und je 2700 PS normale Leistung bei 107 Uml./min, Abb. 3 und 4, wurde den Ateliers de Constructions Mécaniques in Vevey übertragen. Das Leitrad ist wie bei der Francisturbine mit Drehschaufeln ausgerüstet, die durch einen außerhalb des Wassers liegenden Regulierring betätigt werden. Das nach dem Austritt hin kegelig erweiterte vierflügelige Propellerrad aus Stahlguß ist an den Turbinenflansch aufgeschraubt.

Die umlaufenden Teile der Turbine und des Stromerzeugers sowie der axiale Schub des Wassers auf das Laufrad werden durch ein auf das obere Armkreuz des Stromerzeugers aufgebautes Ringspurlager, Abb. 5, getragen. Die Gesamtbelastung beträgt 82 t.

Die untere Linse des Lagers besteht aus einer Platte von 940 mm Dmr., die obere dagegen aus zehn Kippsegmenten, die in der bekannten Weise durch Schrägstellung den zur Entlastung nötigen Öldruck selbst erzeugen. Diese Segmente stützen sich auf vier federnde Ringe aus Chromnickelstahl, Abb. 6, wodurch eine gleichmäßige Verteilung der Last auf alle Segmente und auf deren ganze Breite gewährleistet wird, auch für den Fall, daß die Welle unrund läuft.

Versuche. Die ersten beiden Turbinen wurden am 1. November 1923 dem Betrieb übergeben. Das Anlaufdrehmoment und die Gleichförmigkeit des Ganges sind, im Gegensatz zu den Propellerturbinen mit kurzen Schaufeln, sehr gut.

Die Abnahmeversuche wurden unter der Leitung des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft in Bern durchgeführt. In Abb. 7 und 8 sind die amtlichen Versuchsergebnisse dargestellt. Der höchste Wirkungsgrad beträgt 89 vH, und zwar bei einer spezifischen Drehzahl $n_s = 728$. Bei dem auf 4 m verminderten Gefälle und $n_s = 862$ beträgt er noch 85 vH. Obwohl das Gefälle zwischen 2,5 und 5,2 m schwankt, verändert sich die von der Turbine verarbeitete Wassermenge nur um 8 vH.

RZ703Z2

Abb. 4. Schnitt durch die Propellerturbine des Elektrizitätswerkes Wynau.
$N = 2700$ PS, $n = 107$ Uml./min, $H = 2,5$ bis 5,2 m.

RZ703Z3

Abb. 5. Schnitt durch das Ringspurlager der Wynau-Turbine.

Abb. 7. $H = 4{,}25$ m, $n = 107$ Uml./min.

Abb. 7 und 8. Wirkungsgrade der Wynau-Turbine.

Abb. 8. $H = 5{,}2$ m, $n = 107$ Uml./min.

Die Vorteile der Propellerturbine gegenüber der Francisturbine seien hier nochmals kurz zusammengefaßt:

1. Drehzahl angenähert doppelt so hoch, daher Verbilligung des Stromerzeugers;
2. sehr hoher Wirkungsgrad zwischen ¾ und voller Belastung;
3. der Leistungsabfall bei vermindertem Gefäll ist geringer;
4. geringerer Platzbedarf des Stromerzeugers;
5. geringere Abmessungen der Krane, Mauern und Pfeiler;
6. das Laufrad aus Stahlguß ist sehr widerstandfähig;
7. Infolge der großen lichten Weite zwischen den Schaufeln ist eine Verstopfung ausgeschlossen. Der Abstand der Rechenstäbe kann vergrößert werden. [M 703]

Vevey. R. Hofmann.

70 000 PS-Turbinen an den Niagarafällen.

Drei neue Turbinen, die wohl vorläufig die größten Turbinen bleiben werden, die jemals gebaut worden sind, sind an der amerikanischen Seite der Niagarafälle durch die Niagara Falls Power Co. eingebaut worden. Sie bilden einen Teil ihres Programms zur Erzeugung des größtmöglichen Energiebetrages aus 552 m³/s Wassermenge, die nach dem gegenwärtigen Vertrag an der amerikanischen Seite ausgenutzt werden können. Hierfür hat man einen rd. 1,3 km langen Tunnel von 9,75 m l. W. von einem Punkt neben dem Kanal bei Port Day oberhalb der Fälle nach einem neuen Becken nahe der Ecke der Klippe unterhalb der Fälle hergestellt und auf rd. 180 m² wasserführenden Querschnitt verbreitert, Abb. 9 und 10. Zur gleichen Zeit wurde der Einlaufkanal vertieft und geradegelegt und die Eisbrecher an dieser Stelle wiederhergestellt.

Die neueste, jetzt unter der Bezeichnung C bekannte Turbinenanlage stellt einen Ausbau der beiden Werke[1]) der früheren Hydraulic Power Co. dar (Werk A mit 13 Turbinen von je 10 000 PS und Werk B mit drei Turbinen von je 37 500 PS). Die neuen Turbinen benutzen das Wasser, das früher durch die 21 Turbinen der alten, oberhalb der Fälle liegenden Niagaraanlage verbraucht wurde. Ihre Nennleistung beträgt 200 000 PS gegenüber 105 000 PS der alten Anlage. Die Fertigstellung des Tunnels, die im April 1923 erfolgt ist, war zunächst nötig, damit die vorhandenen Maschinen während der Trockenlegung und Vertiefung des Kanals gespeist werden konnten. Später dienen dann Tunnel und Kanal allen drei Anlagen gleichzeitig. Das Krafthaus für die drei neuen Turbinen ist eine Erweiterung der die bisherigen Maschinen enthaltenden Anlage, die auf einem schmalen Felsriff am Fuße der steilen Felsenwand der Niagaraschlucht unterhalb der Fälle liegt. Seine Lage ist sehr ungünstig wegen der überhängenden Felsen dahinter und des tiefen Flusses davor. Die

Abb. 11. Schnitt durch das Turbinenhaus C des Niagara Falls Power Co.

[1]) s. Z. Bd. 65 (1921) S. 44.

Abb. 9 und 10. Schnitt durch die Klippe am Niagarafall mit der unterirdischen Druckrohrleitung für die neue Anlage mit drei 70 000 PS-Turbinen.

Abb. 12 bis 14. Motorschlepper mit Dennyschrauben.

a Maschinenraum
b Oelbunker.
c Lufthehälter
d Schmierölpumpe
e Kettenradnabe
f Antriebritzel
g Kettenspannrad
h Oelverteiler
i Schmierölbehälter mit Pumpe
k Kettenrad der Schraubenwelle.

drei Turbinen arbeiten mit 66 m Gefäll und haben bis zu 108 m³/s Schluckfähigkeit. Abb. 11 ist ein Schnitt durch eine der beiden ersten neuen Turbinen, die mit Moody-Saugrohr ausgeführt worden sind. Die dritte Turbine hat einen kleineren Saugrohrkegel, jedoch ein Spiralgehäuse von wesentlich größerem Durchmesser. Der günstigste Wirkungsgrad liegt bei etwa 80 m³/s Wassermenge. Die Nennleistung beträgt 70 000 PS, bei Inbetriebnahme haben aber die Turbinen mehr als 80 000 PS entwickelt. Die Drehstromerzeuger leisten je 65 000 kW bei 12 000 V.

Mit den drei neuen Maschinen beträgt die Gesamtnennleistung der Anlagen, die auf der amerikanischen Seite der Niagarafälle errichtet sind, 560 000 PS. Vertragsgemäß stehen für den Verbrauch auf amerikanischer Seite rd. 565 m³/s Wassermenge zur Verfügung, davon sind jetzt rd. 550 m³ für Kraftzwecke nutzbar. Da dies aber nicht für alle vorhandenen Anlagen ausreicht, bleibt die alte Niagarafall-Anlage nur als Aushilfe bestehen und ist in der Regel nicht in Betrieb. [M 513] Bu.

Schiffs- und Seewesen.

Neuer Schraubenantrieb in flachem Wasser.

Vor einiger Zeit hat die Firma Denny & Brothers, Dumbarton, eine von der herkömmlichen Art abweichende Form des Schiffsantriebes für geringe Wassertiefen ausgebildet, indem sie die Nabe der Schiffsschrauben über Wasser angeordnet hat, so daß nur die Radflügel eintauchen[1]). In Z. Bd. 66 (1922) S. 776 hatten wir bereits auf diese Neuerung hingewiesen. Die Probefahrten eines Versuchsschiffes sind inzwischen abgeschlossen; ihr Ergebnis soll hinsichtlich des Gesamtwirkungsgrades günstig sein, so daß die Firma nun einen für die Flußschiffahrt im Fernen Osten bestimmten Schlepper mit diesem Antrieb versehen hat, Abb. 12 und 13. Die Hauptmaße des Schleppers sind folgende: Länge i. d. Wasserlinie 18 m, Breite 5,3 m, Tiefgang 0,65 m. Dieser geringe Tiefgang, der auch bei 4 t Ladung nicht überschritten werden sollte, gab übrigens den Anlaß dazu, daß der neue Antrieb eingebaut wurde. Die beiden Schrauben haben 1,8 m Dmr., ihre Wellen sind durch einen Kettentrieb mit der Welle einer einfachwirkenden, umsteuerbaren 4 Zyl.-Ölmaschine von 96 PS bei 370 Uml./min verbunden. Der Kettentrieb, Abb. 14, arbeitet in einem öldichten Gehäuse, dem das Öl durch eine von der Kettenradachse angetriebene Pumpe unter Druck zugeführt wird.

Bei voller Geschwindigkeit von 9 Kn — ohne Schlepplast — beträgt das Übersetzungsverhältnis 3,5 : 1, die Drehzahl der Schraubenräder also 105 Uml./min. Bei Schleppbetrieb ist die Geschwindigkeit geringer; sie belief sich bei einer Reihe von Versuchen auf dem Clyde beim Schleppen eines Fahrzeuges von 24 m Länge auf rd. 6,5 Kn. [M 652] Kd. M.

[1]) „Shipbuilding and Shipping Record" Bd. 25 (1925) S. 676.

Eisbrecher „Jääkarhu".

Bei der Maschinenfabrik und Schiffswerft P. Smit jr. in Rotterdam ist zurzeit ein bemerkenswerter Eisbrecher für die finnische Regierung im Bau, der bei dem kürzlich erfolgten Stapellauf, s. Abb. 15, den Namen „Jääkarhu" erhalten hat. Das Schiff soll die finnischen Häfen das ganze Jahr über eisfrei halten und wird nach seiner Fertigstellung einer der kräftigsten bisher gebauten Eisbrecher sein. Seine Hauptabmessungen betragen: 78 m Länge über alles, 75,3 m Länge zwischen den Loten, 19,2 m größte Breite, 18,55 m Breite in der Wasserlinie, 9,75 m Seitenhöhe und 6,4 m Tiefgang. Sein Eisgürtel besteht aus 28,6 mm dicken Platten. Vor- und Hintersteven sind aus Gußstahl angefertigt. Der Vorsteven hat schräge Form und eine Nuß für die Bugschraubenwelle.

Zum Antrieb des Schiffes dienen drei Dreifachexpansionsmaschinen von zusammen 7500 PS_i Nenn- und 9500 PS_i Höchstleistung, sie haben 616, 940 und 1600 mm Zylinderdurchmesser und 1090 mm Hub. Eine dieser Maschinen ist im Vorschiff aufgestellt, sie treibt die Bugschraube an, die vorwiegend zum Zertrümmern von Packeismassen dient. Die beiden andern Schrauben dienen zum Antrieb und zum Manövrieren.

Jede Maschine hat einen Kondensator, eine Weirsche Luftpumpe und eine Kreisel-Umlaufpumpe. Außer diesen Pumpen sind im Hinterschiff zwei Kreiselpumpen von je 650 t/h Leistung vorhanden, die zum Füllen und Leeren verschiedener Zellen dienen. Fünf weitere Kreiselpumpen, die in 5 min 100 t Wasser von der Hinterpiek nach der Vorderpiek und umgekehrt zu pumpen vermögen, dienen dazu, die Trimmlage des Schiffes zu verändern, wenn es festgefahren ist. Auch an den

Abb. 15. Eisbrecher „Jääkarhu" beim Stapellaut.

Seiten des Schiffes sind Wasserzellen vorgesehen, mit denen man 5° Schlagseite in 10 min erreichen kann.

Die Lenz-, Ballast- und Deckpumpen sowie zwei Dynamos von 20 und 100 kW Leistung sind im Maschinenraum aufgestellt. Die kleinere Dynamo dient für Beleuchtungszwecke, wenn die große Maschine nicht im Betrieb ist. Diese liefert Strom für die Werkstatt, die nicht ortfesten Bergungspumpen, Scheinwerfer, Beleuchtung und den Telefunkensender.

Die Ankerwinde wird von einer auf dem Zwischendeck aufgestellten Dampfmaschine angetrieben. Auch die Steuermaschine steht auf diesem Deck. Die selbsttätige Schleppwinde hat zwei Drahtseiltrommeln für Stahltrossen von 65 und 45 mm Dmr.

Den Dampf erzeugen acht ölgefeuerte Kessel von zusammen 2304 m² Heizfläche. Sie haben künstlichen Zug erhalten, den zwei von Dampfmaschinen angetriebene Lüfter liefern. Die Ölheizvorrichtung besteht aus vier Einheiten und ist so bemessen, daß eine Einheit als Aushilfe dient.

Die drei Schrauben sind aus Nickelstahl mit festen Flügeln hergestellt und wiegen je 12 t. [M 955]

Werkstoffe.

Der Anfressungswiderstand legierter Stähle.

In der 46. Hauptversammlung der American Electrochemical Society, die im Oktober v. Js. in Detroit, Michigan, abgehalten wurde, ist u. a. über den Anfressungswiderstand legierter Stähle[1]) berichtet worden.

Nach neueren Untersuchungen hängt der Anfressungswiderstand des Stahles nicht nur vom Chromgehalt, sondern auch von der durch entsprechende Wärmebehandlung erreichten Härtung ab. Bei der Herstellung von Messerschmiedewaren erwiesen sich die ersten aus Chromstahl angefertigten und gehärteten Klingen rostsicher und unempfindlich bei Berührungen mit Essig und Fruchtsäften. Die ihnen gegebene Bezeichnung fleckenfrei (stainless) trifft übrigens nicht zu, da hierunter ein Stahl verstanden wird, der sich beim Einwirken eines Tropfens Essig von bestimmtem Säuregehalt oder einer angesäuerten Lösung von Kupfersulfat oder einer ähnlichen Lösung während einer bestimmten Zeit nicht verfärbt. Dieser Probe hält auch gehärteter gewöhnlicher Chromstahl nicht stand.

[1]) Foundry Trade Journal Bd. 30 (1924) S. 156 und „Stahl u. Eisen" Bd. 45 (1925) S. 268.

Schon durch einen geringen Kohlenstoffgehalt in einem Stahl mit 12 bis 14 vH Chrom wird eine dreimal so starke härtende Wirkung wie bei einem chromfreien Stahl hervorgerufen. Die Abschreck- und die Anlaßwärme müssen höher als bei gewöhnlichem Stahl liegen. Ein Chromgehalt vermindert die Ausbreitung von Karbid, verleiht dem Stahl die Eigenschaften der Lufthärtung und auch bei höheren Wärmegraden beständig bleibender Festigkeit. Für Messerklingen wird meistens ein Stahl mit 12 bis 14 vH Chrom und 0,25 bis 0,35 vH Kohlenstoff verwendet, der sich aber für andere Zwecke nicht eignet. Bei weniger als 0,15 vH Kohlenstoff und gleichem Chromgehalt wird größere Widerstandfähigkeit erreicht. Bis zu 20 vH höherer Chromgehalt schützt den Stahl gegen atmosphärische Einwirkungen und gegen Oxydation bei höherer Temperatur; ein noch höherer Chromgehalt verhindert auch bei sehr hohen Wärmewirkungen das Zundern; der Stahl wird von Süß- und Salzwasser nicht angegriffen. Reine hochchromhaltige gekohlte Stähle sind trotz ihrer Widerstandfähigkeit gegen oxydierende Einflüsse, gegen Frucht- und organische Säuren und gegen Lebensmittelerzeugnisse nicht säurebeständig. Von allen Mineralsäuren, ausgenommen Salpetersäure, werden sie schnell gelöst.

Neben der Widerstandfähigkeit gegen oxydierende Einflüsse wird eine solche gegen mineralische Säuren durch Zusatz eines dritten Bestandteiles erreicht. Nickelstahl (mit 25 vH Nickel) und die Nickel-Chrom-Kohlenstoff-Stähle sind gegen mineralische Säuren sehr widerstandfähig, werden jedoch allgemein in der Technik wegen des hohen Nickelpreises nur selten benutzt; das gleiche gilt von Zusätzen von Molybdän und Wolfram (2 bis 3 vH). Kupfer bietet hier einen wertvollen Ersatz sowohl in wirtschaftlicher Hinsicht als auch wegen des hohen Anfressungs- und Säurewiderstandes. Dies zeigt sich schon bei dem geringen Zusatz von 1,5 vH Kupfer; viel günstigere Ergebnisse liefert ein Kupfer-Chrom-Stahl mit einem Zusatz von 0,15 vH Kohlenstoff.

Bis vor kurzem war man gezwungen, das Chrom in Form des sehr teuren Ferrochroms zuzusetzen; dadurch, daß jetzt das Chrom in Form feiner Erze dem Stahlbade zugeführt wird, verursacht der Chromgehalt nur einen kleinen Teil der bisher aufzuwendenden Kosten. Die Stähle werden nunmehr billiger hergestellt und dadurch weitere Verwendung finden. [N 607] Gw.

Kleine Mitteilungen.

Ein neues Zugwarnsignal.

Der Gebrauch von optischen und akustischen Signalen an Bahnübergängen, der in Amerika bereits zur Regel geworden ist, beginnt sich auch in Europa durchzusetzen. In der Nähe von Meaux (im Departement Seine-et-Marne) ist vor der Kreuzung der Bahnlinie Paris-Straßburg mit der Straßenbahn von Meaux nach Dammartin ein Signalgerät der Bauart „Wig-Wag" aufgestellt, das elektrisch betätigt wird. Beim Herannahen eines Zuges fällt eine Scheibe mit der Aufschrift „Halt", gleichzeitig ertönt ein starkes Glockenzeichen. Nachts leuchtet ein rotes Licht auf, das ununterbrochen — auch tagsüber — brennt und durch einen mit der Signalscheibe in Verbindung stehenden Hebelarm jeweils verdeckt oder freigegeben wird. Den Strom für das selbsttätig ausgelöste Signal liefert eine Batterie von 10 bis 12 V. Das Signal kann so geschaltet werden, daß es für zweigleisige Strecken und Zugannäherung von beiden Seiten in Tätigkeit tritt. Bei Störungen im Stromkreislauf, Sturmschäden usw. fällt die Scheibe durch ihr Eigengewicht in die wagerechte Gefahrstellung, gleichzeitig werden Glocken- und Lichtsignal ausgelöst. („Le Génie Civil" 7. November 1925 S. 398/99*.)

[N 1142 a] Kd. M.

Tragbare elektrische Kreissäge.

Für das Zersägen von Bauhölzern auf Neubauten werden für ein wirtschaftliches Arbeiten tragbare elektrische Kreissägen verwendet. Von der Electro-Magnetic Tool Co., Chicago, ist eine solche Säge hergestellt worden, die nur rd. 7 kg wiegt und unmittelbar durch einen Elektromotor angetrieben wird, der mit Gleich- und Wechselstrom arbeitet. Durch Steckkontakt kann der Motor mit jeder Lichtleitung verbunden werden. Das Sägenblatt hat einen Durchmesser von 15 bis 17,5 cm, ist durch ein kegliges Rädergetriebe mit dem Elektromotor verbunden und macht 3600 Uml./min. Neben Bauholz schneidet die Säge Fiber, Asbestplatten, Kautschuk, Knochen, Weichmetallbleche und Bakelit. („Engineering" vom 13. November S. 626*.) [N 1142 b] Gw.

Elektrisch geschweißte Dampfleitungen.

Die American District Steam Co., North Tanawanda, N. Y., hat eine 3 km lange Heizdampf-Rohrleitung verlegt und dabei die einzelnen Rohrstücke, die 250 bis 500 mm Dmr. haben, durch elektrisches Schweißen verbunden, nachdem sie durch Versuche das Schweißen als beste Art der Verbindung festgestellt hatte. Dabei wurde gefunden, daß bei Zugbeanspruchung die Rohre nicht in, sondern außerhalb der Schweißstellen rissen, die durch außen um die Rohre gelegte Eisenplatten verstärkt waren. Das gesamte Rohrnetz hielt probeweise 50 at inneren Wasserdruck aus. („El. World" 31. Oktober 1925 S. 904*.) [N 1142 c] G.

Volumenbestimmung von Erdgas.

Bei der Anwendung des Boyleschen Gesetzes zur Volumenbestimmung von Erdgas ergeben sich dadurch große Schwierigkeiten, daß bei der Umrechnung auf normalen Druck ein Berichtigungsbeiwert eingesetzt werden muß, der je nach dem gemessenen Druck verschieden ist und bei 30 at über 18 vH ausmacht. Nach Versuchen von Mc. Collum und L. H. Gates hat man nun ein neues Gerät geschaffen, bei dem man während eines Versuches eine Reihe von Ablesungen machen kann. In einem von einem Wassermantel umgebenen Gasgefäß mit bestimmtem Rauminhalt wird der Druck des unter hoher Spannung eingefüllten Gases gemessen; darauf wird eine gewisse Menge abgelassen, deren Volumen man durch einen Strömungsmesser mißt und auf normalen Druck umrechnet. Der Druck im Gefäß wird gemessen, nachdem wieder die gleiche Temperatur wie bei der ersten Ablesung eingetreten ist. Diese Messungen lassen sich fortsetzen bis auf atmosphärischen Druck. Aus der letzten Ablesung läßt sich unter Berücksichtigung der jeweils abgeführten Gasmenge nach dem Boyleschen Gesetz das den gemessenen Drücken zugehörige spezifische Volumen berechnen. Der Unterschied zwischen diesem gemessenen spezifischen Volumen und dem auf Grund des Gefäßinhaltes berechneten spezifischen Volumen ergibt dann den Berichtigungsbeiwert. Ein Versuch dauert acht bis zehn Stunden. („Mechanical Engineering" November 1925 S. 897*.) [N 1142 d] Sd.

Über den teerhaltigen Sand von Nord-Alberta.

In der Provinz Alberta, Kanada, kommt auf einem Gelände von 260 km² an dem Fluß Athabaska teerhaltiger Sand bis zu einer Tiefe von rd. 30 m vor. Untersuchungen haben ergeben, daß sein Teergehalt an der Oberfläche 9 vH und in einer Tiefe von rd. 5 m 13 bis 17 vH beträgt. Der Teer enthält ein tief dunkelbraunes Öl, dessen spez. Gewicht 1,01 bis 1,035 bei nur 5 vH Schwefelgehalt beträgt. Berechnungen haben ergeben, daß bei täglichem Verarbeiten von 1000 t Sand, wobei die Aufberei-

tungskosten für 1 t 10 cent nicht übersteigen dürfen, ein wirtschaftlich arbeitender Betrieb gewährleistet ist. Der Teer ist bisher im Straßenbau verwendet worden. Über die Teersandaufbereitung fehlen die Angaben. („Engineering" 13. November S. 625.) [N 1142 e] Gw.

Schutz von Eisen gegen Rost.

McDonnell berichtet in einer längeren Arbeit über die letzten Erfahrungen in den Vereinigten Staaten zum Schutz von Eisen gegen das Rosten. Bemerkenswert ist, daß er den Hauptschutz nicht nur durch Legieren des Eisens mit Nichteisenmetallen herbeizuführen sucht, sondern durch ein zweites Verfahren, das darin besteht, daß ein Anstrich aus einer Mischung von Petroleum und Öl auf das Eisen aufgebrannt wird. Rostfreier Stahl soll wegen der Schwierigkeit, ihn zu walzen, keine allgemeine Anwendung finden können. Es handelt sich also wohl um eine Art Inoxydation des Eisens. Die Öfen arbeiten mit 121 °C Temperatur. Umfassende Versuche sollen besonders mit Eisenbahnwagen gute Erfolge gehabt haben. („Mechanical Engineering" November 1925 S. 877/80*.) [N 1142 f] Wf.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung zu Düsseldorf. Herausgegeben von Fr. Körber. 6. Bd. Düsseldorf 1925, Verlag Stahleisen m. b. H. 135 S. m. 187 Abb. 74 Zahlentaf. u. 8 Taf. Preis geh. 11 ℳ, geb. 13 ℳ.

Der sechste Band der Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung zu Düsseldorf ist Fritz Wüst, dem ausgezeichneten Organisator, Lehrer und Forscher, zum 65. Geburtstag (8. Juli 1925) gewidmet. Das Buch enthält folgende Arbeiten:

1. Zur Kenntnis des Mischkristalles γ-Eisen-Kohlenstoff. Von Fr. Wever und P. Rütten. An einer großen Reihe von austenitischen Manganstählen mit Kohlenstoffgehalten von 0,30 bis 1,30 vH wird mit Hilfe einer Präzisionsbestimmung des Gitterparameters nach dem Debye-Scherrer-Verfahren in Verbindung mit dem spezifischen Volumen ermittelt, daß der Kohlenstoff nicht an Stelle von Metallatomen in das Gitter eintritt.

2. Über die Grundzüge der Farbpyrometrie. Von H. Schmidt. Nach einem Überblick über die Helligkeitspyrometrie werden die Grundzüge der Farbpyrometrie und die hierfür verwendeten Geräte eingehend besprochen. Die Arbeit ist eine erste Unterlage für das Gebiet.

3. Über den Wirkungsgrad eines Anreicherungsvorganges. Von W. Lugken. In der Arbeit werden die wichtigsten in der Erzaufbereitung üblichen Rechnungsgrößen behandelt.

4. Festigkeitseigenschaften von Stahlguß bei erhöhter Temperatur. Von Fr. Körber und A. Pomp.

5. Einfluß der Vorbehandlung auf die Kerbzähigkeit des Flußeisens in der Kälte und Wärme. Von Fr. Körber und A. Pomp. Über die beiden Beiträge von Körber und Pomp ist hier bereits ausführlicher berichtet worden, s. Z. Bd. 69 (1925) S. 765 und S. 1308.

6. Beitrag zur Analyse des Schwindungsvorganges von weißem und grauem Gußeisen. Von Bardenheuer und Ebbefeld. Über die Arbeit wird demnächst ebenfalls in dieser Zeitschrift berichtet werden.

7. Zur Spektralpyrometrie glühender Körper. Von H. Schmidt. Die Bedeutung der Strahlung der schwarzen Körper in der Strahlungspyrometrie und die Strahlungsgesetze werden mitgeteilt. Bestimmung der Strahlungstemperatur, die der Körpertemperatur am nächsten liegt.

8. Unterlagen für die Wärmebehandlung einiger handelsüblicher Sonderstähle. Von Fr. W. Duesing. Für acht handelsübliche Konstruktionsstähle, die für hochbeanspruchte Bauteile der Maschinen-, Motorwagen- und Flugzeugindustrie Verwendung finden, werden Unterlagen, die durch große Zahlentafeln, übersichtliche Schaubilder und zahlreiche Schliffbilder vervollständigt werden, für die Wärmebehandlung gegeben.

Nicht nur die in den Versuchsanstalten Arbeitenden, sondern vor allem die in der Praxis stehenden Ingenieure sollten sich eingehend mit diesen vorbildlichen Arbeiten beschäftigen.

[E 997] Gw.

Der Wärmeübergang an strömendes Wasser in vertikalen Rohren. Von Dr.-Ing. W. Stender. Berlin 1924, Julius Springer. 86 S. m. 25 Abb. Preis 5,10 ℳ.

Der Verfasser hat im Festigkeitslaboratorium der Technischen Hochschule Charlottenburg mit der von Soennecken[1]) gebauten Einrichtung Versuche durchgeführt. Die Versuchseinrichtung, die dem Verfasser vom Laboratorium für Technische Physik der Technischen Hochschule München zur Verfügung gestellt wurde, besteht im wesentlichen aus zwei konzentrischen Rohren, wovon das innere das eigentliche Versuchsrohr bildet. Durch das innere Rohr und den Ringraum zwischen beiden Rohren strömen parallel gleiche Wassermengen von verschiedener Temperatur, so daß ein Wärmeaustausch durch das Versuchsrohr stattfindet. Die Wassertemperaturen am Ein- und Austritt werden mit Quecksilberthermometern gemessen. Die Temperatur des Versuchsrohres wird aus seiner Längenänderung ermittelt. Aus den Wassertemperaturen, der Wandtemperatur des Versuchsrohres und der Wassermenge ergibt sich dann die Wärmeübergangzahl.

Die Versuche wurden an je einem Stahl- und einem Messingrohr von 191 cm Länge und 17 bzw. 28 mm l. W. bei Strömungsgeschwindigkeiten von etwa 0,6, 1 und 1,55 m/s durchgeführt. Die Wassertemperaturen lagen zwischen 10 ° und 80 °C, und der Temperaturanstieg im Versuchsrohr betrug bis zu 20 °C. Diese großen Temperaturgefälle hat der Verfasser gewählt, um den Einfluß der Rohrtemperatur und den der mittleren Flüssigkeitstemperatur auf die Wärmeübergangszahl trennen zu können.

Die Ergebnisse der Versuche stimmen im wesentlichen mit den Messungen von Soennecken überein, nur für die Abhängigkeit der Wärmeübergangzahl von der mittleren Flüssigkeitstemperatur und der Wandtemperatur erhält der Verfasser ein anderes Gesetz. Nach Soennecken steigt die Wärmeübergangzahl mit der Wandtemperatur erheblich und nimmt mit zunehmender mittlerer Flüssigkeitstemperatur ein wenig ab. Nach Stanton wächst die Wärmeübergangzahl mit der Wandtemperatur ungefähr ebenso stark, wie mit der mittleren Flüssigkeitstemperatur. Nach den Versuchen des Verfassers steigt die Wärmeübergangzahl mit der mittleren Flüssigkeitstemperatur sehr viel stärker als mit Wandtemperatur.

Für den Einfluß der Geschwindigkeit w auf die Wärmeübergangzahl glaubt der Verfasser die bisher übliche Darstellung als Potenzfunktion von der Form w^n mit konstantem n aufgeben und einen von der Temperatur abhängigen Exponenten einführen zu müssen. Er faßt die Versuchsergebnisse in der Gleichung

$$\alpha = 2830\,(1 + 0{,}0215\,\tau - 0{,}000\,07\,\tau^2)\,w^{0{,}91 - 0{,}001\,15\,\tau}$$

zusammen, wobei w die Wassergeschwindigkeit in m/s und τ eine Temperatur ist, die zwischen der mittleren Wassertemperatur t_m und der Wandtemperatur t_i liegt und durch die Gleichung

$$\tau = t_m + 0{,}1\,(t_i - t_m) = 0{,}9\,t_m + 0{,}1\,t_i$$

gegeben ist.

Nach meiner Ansicht lassen sich die Versuchsergebnisse jedoch mindestens ebenso gut in der für die Berechnung viel bequemeren Form einer Potenz mit konstantem Exponenten darstellen. Bei einem Vergleich der Versuche von Stanton, Soennecken und Stender darf man weiter nicht vergessen, daß keine Beruhigungsstrecken vor das Versuchsrohr geschaltet waren. Daher sind die Einlaufverhältnisse, d. h. die Verteilung von Temperatur und Geschwindigkeit, über den Flüssigkeitsquerschnitt und der Turbulenzzustand der Flüssigkeit bei Eintritt in das Versuchsrohr verschieden, und es ist nicht zu erwarten, daß die als Mittelwerte über die ganze Rohrlänge gemessenen Wärmeübergangzahlen völlig übereinstimmen. Für Versuche, die als Unterlage für theoretische Arbeiten dienen sollen, empfiehlt es sich daher, mit genau bestimmten Einlaufverhältnissen, am besten beim hydrodynamisch und thermisch ausgebildeten Zustand, zu messen, das heißt bei der Verteilung von Geschwindigkeit und Temperatur, die sich in genügender Entfernung vom Rohranfang nach Abklingen der Einlaufstörung einstellt. Für praktische Zwecke sind dagegen Messungen unter dem Einfluß der Einlaufverhältnisse von größerer Bedeutung.

Im theoretischen Teil der Arbeit berechnet der Verfasser den Wärmeübergang für den Fall einer Laminarströmung, deren Geschwindigkeit über den ganzen Querschnitt konstant ist. Dabei wird der Verlauf der mittleren Flüssigkeitstemperatur und der Temperatur in der Rohrachse berechnet und die Wärmeübergangzahl in einen von der Rohrlänge unabhängigen und in einen mit der Rohrlänge veränderlichen Teil, der die Einlaufstörung berücksichtigt, zerlegt. Die gefundene Lösung wird näherungsweise verallgemeinert auf Laminarströmungen mit ungleicher Geschwin-

[1]) Der Wärmeübergang von Rohrwänden an strömendes Wasser. Forschungsarbeiten Heft 108/109.

digkeitsverteilung und auf Änderungen der thermischen Konstanten der Flüssigkeit mit dem Abstand von der Rohrachse. Für turbulente Strömung wird eine Differentialgleichung aufgestellt, die den Einfluß der Mischbewegung durch eine von der Rohrwand nach der Rohrachse wachsende Wärmeleitzahl berücksichtigt.

Zum Schluß beanstandet der Verfasser, daß in der zweiten Gleichung für den Wärmeübergang in Rohrleitungen von Nußelt der Einfluß der Zähigkeit nicht enthalten ist, obschon er beim Wärmeübergang an Flüssigkeiten nicht vernachlässigt werden kann. (Nußelt hat übrigens den Fortfall der Zähigkeit nur als eine bei großer Reynoldsscher Zahl auf Grund seiner Versuche zulässige Annäherung bezeichnet.)

Das Studium des theoretischen Teiles der Arbeit wird dadurch etwas erschwert, daß der Verfasser einige ungebräuchliche Begriffe einführt, deren Vorteile nicht jedermann einleuchten.

[E 577] Dr.-Ing. E. Schmidt.

Handbuch der Radiologie. Herausgegeben von E. Marx. 6. Bd. Die Theorien der Radiologie. Leipzig 1925, Akad. Verlagsgesellschaft. 806 S. mit 141 Abb. Preis geh. 40 ℳ.

Als im Juli 1913 der zweite Band des Handbuches der Radiologie als erster erschien[1]), war eine Einteilung in vier Bände beabsichtigt. Zwölf Jahre, darunter die Kriegszeit, sind vergangen, bis jetzt das Werk, dessen Umfang bei der sich überstürzenden Entwicklung auf sechs starke Bände[2]) angewachsen ist, vollendet vorliegt. Eine Einheitlichkeit ist dadurch naturgemäß verloren gegangen. Viele der zuerst erschienenen Teile sind inzwischen veraltet. Aber jeder Band bedeutete in der Literatur seiner Zeit eine wichtige Neuerscheinung. Das ist jetzt auch von dem letzten, dem sechsten Bande zu sagen. Er enthält die Theorie der Radiologie zum Teil in älteren, inzwischen ergänzten Bearbeitungen, zum Teil in neuen Darstellungen.

Der Band hat folgende Einteilung: Bewegung von Elektronen und Ionen im Kraftfeld von M. v. Laue, Theoretisches über den Durchgang von Alpha- und Betastrahlen durch die Materie von M. v. Laue, Magnetische Zerlegung der Spektrallinien von P. Zeeman, die Theorie des Zeemaneffektes von H. A. Lorentz, die Anwendung der Quantentheorie auf die Physik der Atome von A. Sommerfeld und G. Wentzel, Anregung der Atome zur Lichtemission von G. Joos, Elektronentheorie galvanischer Eigenschaften der Metalle von E. Riecke, herausgegeben von M. v. Laue, der Comptoneffekt von M. v. Laue, das Nordlicht von L. Vegard, Theorie der elektrischen und magnetischen Molekulareigenschaften von P. Debye. Es ist also ein sehr reiches, von einem großen Kreise theoretischer Physiker behandeltes Gebiet; die beiden Monographien über den Comptoneffekt und das Nordlicht enthalten Forschungsergebnisse, die in der letzten Zeit berechtigtes Aufsehen erregt haben und hier auch nach der experimentellen Seite ausführlich dargestellt werden. Herausgeber und Verleger haben in gleicher Weise sich den Dank der Radiologen verdient, das schwierige Werk mit einem besonders inhaltvollen und wertvollen Bande zu Ende geführt zu haben.

[E 506] P. Ludewig.

Forschungsarbeiten a. d. Gebiete d. Ingenieurwesens. H. 275: **Verdunstungskühlung.** Von Friedrich Merkel. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 48 S. m. 64 Abb. Preis 13 ℳ.

Keil, Schraube, Niet. Einführung in die Maschinenelemente. Von W. Leuckert u. H. W. Hiller. 3. verb. u. verm. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 113 S. m. 108 Abb. Preis 4,50 ℳ.

[1]) s. Z. Bd. 58 (1914) S. 1103.
[2]) s. a. Z. Bd. 63 (1919) S. 969.

Die Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, Bd. 15: **Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus.** Von Felix Klein. 3. Aufl. Bd. II: Geometrie. Bearb. v. E. Hellinger. Berlin 1925, Julius Springer. 302 S. m. 157 Abb. Preis geh. 15 ℳ, geb. 16,50 ℳ.

Die Statik der Brückenkrane. Von I. M. Bernhard. München u. Berlin 1925, R. Oldenbourg. 51 S. m. 20 Abb. u. 19 Taf. Preis 3,80 ℳ.

Volckmanns Kraftfahrer-Bibliothek, Bd. 13: **Der Motor des Kraftrades.** Von Dipl.-Ing. Heßler. Berlin-Charlottenburg 1925, C. J. E. Volckmann G. m. b. H. 314 S. m. 117 Abb. Preis geh. 3 ℳ, geb. 4 ℳ.

Die Edelmetalle. Von Wilhelm Laatsch. Berlin 1925, Julius Springer. 91 S. m. 53 Abb. u. 10 Taf. Preis 6 ℳ.

Der Weg des Eisens vom Erz zum Stahl. Von Hanns Günther. 2. Aufl. Stuttgart 1925, Dieck & Co. 110 S. m. 111 Abb. Preis 5,50 ℳ.

Betriebsleitung der Baumwollspinnerei. Von Wm. Scott Taggart. Übers. u. bearb. von Wilh. Bauer. München u. Berlin 1925, R. Oldenbourg. 288 S. m. 17 Abb. Preis 11,50 ℳ.

Sammlung Göschen Bd. 798: **Die Elektromotoren.** Ihre Arbeitsweise und Verwendungsmöglichkeit. Von F. Niethammer. T. I: Gleichstrommotoren. Mehrphasige Synchron- u. Asynchronmotoren. 2. Aufl. Berlin u. Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 99 S. m. 56 Abb. Preis 1,25 ℳ.

Sammlung Göschen Bd. 796: **Schaltanlagen in elektrischen Betrieben.** Von F. Niethammer. T. 1: Allgemeines. Schaltpläne. Einfache Schalttafeln. 2. Aufl. Berlin u. Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 67 S. m. 46 Abb. Preis 1,25 ℳ.

Sammlung Göschen Bd. 513: **Industrielle und gewerbliche Bauten.** Von Heinrich Salzmann. T. III, Fabriken. Berlin u. Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 136 S. m. 158 Abb. Preis 1,25 ℳ.

Die Fermente und ihre Wirkungen. Von Carl Oppenheimer. Nebst einem Sonderkapitel: Physikalische Chemie u. Kinetik. Von Richard Kuhn. 5. völlig neubearb. Aufl. Lfg. VIII. Leipzig 1925, Georg Thieme. S. 1057 bis 1204. Abb. 87 bis 109. Preis 14,40 ℳ.

Mikrophon und Telephon einschl. der Lauthörer. Von C. O. Werner Mönch. Berlin 1925, Hermann Meusser. 162 S. m. 82 Abb. Preis 8 ℳ.

Sammlung gemeinnütziger Vorträge Nr. 555/7: **Die Schreibmaschine in technischer, kultureller und wirtschaftlicher Bedeutung.** Von Ludwig Brauner. Prag 1925, Verlag d. Deutschen Vereines zur Verbreitung gemeinnütziger Kenntnisse. 56 S. m. 40 Abb. Preis 3,60 tschech.-sl. Kr.

Wie erlangt man brillante Negative und schöne Abdrücke? Von Georg Hauberrisser. 21. bis 25. umgearb. Aufl. Leipzig 1925, Liesegangs Verlag. 113 S. m. 25 Abb. Preis 1,80 ℳ.

Der Kampf um den Nutzeffekt in der Technik. Von H. Schütze. 18. Aufl. Stuttgart 1925, Dieck & Co. 95 S. m. 72 Abb. Preis 1,80 ℳ.

Klasings Auto-Bücher, Bd. 22: **Die Garage für Auto u. Kraftrad.** Von Ernst Libotte. Berlin 1925, Klasing & Co. 202 S. m. 230 Abb. Preis 4 ℳ.

Elektrisches Fernsehen, Fernkinematographie und Bildübertragung. Von Walter Friedel. Berlin 1925, Hermann Meußer. 176 S. m. 153 Abb. Preis 8 ℳ.

E. von Seydlitz Geographisches Handbuch: Hundertjahr-Ausgabe. Herausg. von K. Krause u. R. Reinhard. Bd. I: **Deutschland.** Bearb. von B. Dietrich, R. Gradmann, A. Henche, F. Jaeger, R. Reinhard u. H. Rudolph. Breslau 1925, Ferdinand Hirt. 408 S. m. zahlr. Abb. Preis 16 ℳ.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 5. DEZEMBER 1925 NR. 49

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1548.

Die Auswertung der technischen Literatur.

Von Dr. Günther Bugge, Konstanz a. B.

Das beängstigende Anwachsen des Schrifttums der Technik und organisatorische Mängel im Buch- und Zeitschriftenwesen erschweren immer mehr die Ausnutzung. Vorschläge zur Besserung der Verhältnisse: Buchwesen, Zeitschriften, Auswertung der Patentliteratur, Beratungsstellen für technische Literatur, der „Literaturingenieur".

Auf dem Gebiete des technischen Schrifttums macht sich in den letzten Jahrzehnten eine steigende Massenerzeugung bemerkbar, der die Schaffenden in Industrie und Technik beklommen und immer hilfloser gegenüberstehen. Es ist kaum noch möglich, auch nur entfernt einen Überblick über die gesamte Entwicklung der Technik zu erhalten, und es wird immer schwieriger, selbst über enger umgrenzte technische Teilgebiete unterrichtet zu bleiben. Der Techniker muß sich heute spezialisieren; dies bedeutet leider nicht etwa eine Vereinfachung der Aufgabe der Literaturauswertung, sondern eher eine Verwicklung. Je mehr sich der große Baum der reinen und angewandten Wissenschaften verzweigt, desto wichtiger und schwieriger wird es, den anregenden und befruchtenden Strom der in Büchern und Zeitschriften niedergelegten Erfahrungen möglichst vielen Stellen zuzuleiten. Durch immer weiter gehende Spezialisierung der Fachzeitschriften läßt sich dies Ziel nicht oder nur unvollkommen erreichen: die Fülle neu entstehender Sonderzeitschriften zehrt noch mehr an der beschränkten Lesezeit des Technikers; die Auszüge, die diese Zeitschriften bringen, sind selten wirklich erschöpfend und überdecken sich häufig mit denen andrer Zeitschriften, so daß dieselbe unvollkommene Arbeit an mehreren Stellen geleistet wird; gar nicht zu reden von der überflüssigen Vermehrung der Werbekosten, die der Anzeigenteil solcher für einen kleinen Leserkreis bestimmten Zeitschrift den Industrieunternehmern verursacht. Es müssen also andre Mittel gesucht werden, um die ständig weiter steigende papierene Flut zu bewältigen.

Der Ingenieur neigt oft — vielleicht mehr als Angehörige andrer wissenschaftlich-technischer Berufe — zu einer Unterschätzung der Bedeutung der Literatur. Man findet diese Vernachlässigung des Literaturstudiums besonders in Industrien, die noch stark in handwerksmäßiggewerblicher Überlieferung verwurzelt sind, in Betrieben, in denen man jahrzehntelang nach bewährtem Muster gearbeitet hat und auf Anregungen von außen verzichten zu können glaubt. Gerade diese Industriezweige haben eine ständige Auffrischung ihrer Leistungsfähigkeit durch Literaturauswertung am allernötigsten.

Daß die Menge der Veröffentlichungen in Zeitschriften und Büchern im allgemeinen in schreiendem Mißverhältnis zu ihrem tatsächlichen Wert steht und Wichtigstes oft ungesagt bleibt, rechtfertigt nicht eine gleichgültige oder grundsätzlich ablehnende Einstellung in der Literaturbewertung. Geheimniskrämerei kann höchstens zeitweise, nie auf die Dauer einer Industrie von Vorteil sein, und das Beispiel amerikanischer Zeitschriften, in denen man oft fabrikatorische Mitteilungen von bemerkenswerter Offenheit findet, beweist, daß der Gedanke der Gemeinschaftsarbeit sich auch auf literarischem Gebiete immer mehr Geltung verschafft. Es darf hier vielleicht auch noch auf die deutsche chemische Industrie hingewiesen werden, die sich in vorbildlicher Weise der Pflege der chemischen Literatur angenommen hat, in der selbstverständlichen Erkenntnis, daß die der Literatur entgegengebrachte Aufmerksamkeit und das in chemisch-literarische Unternehmen hineingesteckte Geld lohnende Anlagen sind.

Erwägungen dieser Art sind im übrigen nie zuvor so angebracht gewesen wie jetzt, in einer Zeit, in der sich ein Ausgleich des industriellen Vorsprunges, den Deutschland sich erworben hatte, zu vollziehen scheint oder schon vollzogen hat. Alle Vorschläge, die darauf hinausgehen, den bisher zu schlechten Ausnutzungsgrad der technischen Literatur zu verbessern, dienen dem gleichen Ziel, dem wir gerade jetzt auch auf anderen Gebieten zustreben müssen, wenn wir uns im wirtschaftlichen Kampf der Völker behaupten wollen: der Rationalisierung technischer Arbeit.

Über die Notwendigkeit gründlicher Reformen auf diesem Gebiet hat sich Wilhelm Ostwald vor einigen Jahren sehr weitsichtig und überzeugend geäußert. In einem lesenswerten, nur zu wenig bekannten Buche[1]) geht er von der Tatsache aus, daß zurzeit die literarische — mitteilende und verteilende — Tätigkeit des Wissenschaftlers und Technikers gegenüber der schöpferischen Arbeit des Erfinders und Entdeckers zu sehr mißachtet wird. Zwischen beiden Betätigungen, der produktiven und der distributiven, herrscht nach Ostwald etwa dasselbe Verhältnis, wie es in der Volkswirtschaft zwischen dem Erzeuger von Gütern und dem Kaufmann besteht. Je einfacher die Wirtschaft ist, desto leichter kann sie ohne den Kaufmann auskommen; je verwickelter sie wird, um so mehr Bedeutung gewinnt die Rolle des die Güter verteilenden Kaufmanns. Wissenschaft und Technik sind jetzt auf einer Entwicklungsstufe angelangt, wo die organisatorische Arbeit des Verteilers gleichberechtigt neben die schöpferische des Erzeugers tritt. Die Frage, wie man am zweckmäßigsten die Literaturflut eindämmt, hat also nicht nur untergeordnete Tagesbedeutung, sondern wird zu einer brennenden Lebensfrage für die weitere Entwicklung von Wissenschaft und Technik.

Man kann von zwei Seiten her versuchen, die aus dem Anschwellen der technischen Literatur entstandenen Schwierigkeiten zu verringern oder zu beseitigen. Der eine Weg besteht darin, regelnd in die Erzeugung von Büchern, Zeitschriften und anderen Drucksachen einzugreifen, sei es im Sinne einer Einschränkung der Zahl der Veröffentlichungen, sei es im Sinne einer wirksameren Gestaltung von Inhalt und Form; der andre Weg ist die Verbesserung der bisherigen Verfahren, den Literaturstoff den Lesern zuzuleiten. Vorschläge zur besseren Auswertung der technischen Literatur gehen also einerseits Verfasser, Schriftleitungen und Verleger an, anderseits die Literaturverbraucher; ganz besonders werden sich unsere großen wissenschaftlich-technischen Verbände — von beiden Gesichtspunkten aus — mit ihnen beschäftigen müssen.

[1]) „Die chemische Literatur und die Organisation der Wissenschaft", Leipzig 1919

Buchwesen.

Was zunächst das Buchwesen anbetrifft, so steht gerade Deutschland durch den Umfang und die Güte seines Anteils an der Büchererzeugung der Welt an erster Stelle. Man wird sich aber trotzdem fragen müssen, ob nicht hier etwas weniger — mehr wäre. Es ist verständlich, daß jeder Verfasser das Buch, das er schreiben will, für dasjenige hält, das gerade dem bekannten „dringenden Bedürfnis" abhelfen soll. Unsere Verleger werden, zum eigenen und zum allgemeinen Nutzen, strenger als bisher diese Bedürfnisfrage von sachkundiger Seite nachprüfen lassen müssen. Viele Verleger scheinen den Ehrgeiz zu haben, möglichst jede Unterabteilung des großen Gebietes der Technik und der technischen Wissenschaften in eigenen Büchern behandelt zu sehen. Diese Vielseitigkeit bedeutet nur zu oft unwirtschaftliche Doppelarbeit; sie wird manchmal zur Qual für diejenigen, die gezwungen sind, statt eines Buches zwei oder drei zu lesen. Man braucht noch nicht so weit zu gehen, einer Zentralisierung das Wort zu reden, die neben ihren großen Vorteilen gewiß auch schwerwiegende Nachteile hätte. Aber ein etwas planmäßigeres Zusammenarbeiten der Verleger, eine gewisse Aufteilung der Gebiete wäre doch sehr erwünscht.

Unser Bücherreichtum wird dadurch noch mehr vergrößert, daß auch das Ausland sich jetzt literarisch mehr betätigt als vorher. Es ist gewiß zu begrüßen, daß der deutsche Techniker, soweit er nicht sprachenkundig ist, durch Übersetzungen guter Auslandbücher über den Stand der Technik in anderen Ländern unterrichtet wird. Aber auch hier ist sorgfältigste Auswahl geboten. Ein paar bemerkenswerte Seiten in einem amerikanischen Buch, die Neues gegenüber dem Inhalt schon vorhandener deutscher Bücher über den gleichen Gegenstand bringen, rechtfertigen noch nicht die Herausgabe einer deutschen Übersetzung. Eine Buchbesprechung in einer Zeitschrift, die auf diese Seiten aufmerksam macht, ist dem Leser dienlicher als eine deutsche Übersetzung des ganzen Buches.

Für unsere auf höchste Wirtschaftlichkeit bedachte Zeit ist die zweckmäßigste B u c h f o r m die kurze Monographie über ein möglichst eng und scharf begrenztes Sondergebiet. Dickleibige Enzyklopädien und Handbücher sind — von wenigen Ausnahmen abgesehen — unzeitgemäß, vor allem deshalb, weil sie veralten, bevor sie erschienen sind. Kurze Einzeldarstellungen bieten dem Leser die rascheste und billigste Möglichkeit, sich über sein Fachgebiet zu unterrichten, und gestatten ihm einen individuellen Ausbau seiner eigenen Bücherei; sie sind auch leichter durch Neuauflagen zu ersetzen und verringern das Risiko des Verlegers. Im Wesen der Monographie ist schon die Richtung angedeutet, in der sich die Entwicklung des wissenschaftlich-technischen Buchwesens voraussichtlich vollziehen wird: zunehmende „Stückelung", Spezialisierung, Annäherung an den Sonderabdruck — kurz: „Auflösung des Buches" und Einführung der aus einzelnen Blättern oder Heften bestehenden Kartei. Auf vielen Sondergebieten, z. B. überall dort, wo die Veröffentlichung von zahlenmäßigen und anderen Daten, von Vorschriften, Normen usw. in Betracht kommt, ist ohne Zweifel heute schon das Einzelblattverfahren dem Buch überlegen. Selbst bei der kaufmännischen Buchhaltung beginnt bekanntlich die zweckmäßige Kartei das durch jahrhundertelangen Brauch geheiligte Buch zu verdrängen. Das wissenschaftliche und technische Handbuch der Zukunft — eine Sammlung von Einzelheften oder Einzelblättern, die durch gemeinsame Gesichtspunkte der Darstellung innerlich zusammengehören, aber äußerlich nicht starr verbunden sind — ist also auf dem Marsche!

Solange das Buch noch nicht ausgestorben ist, ist es nötig, immer wieder auf einige leicht abstellbare Mißstände hinzuweisen, die seine Brauchbarkeit heute noch ganz besonders beeinträchtigen. Zunächst die F o r m a t f r a g e. Hier wäre es jetzt Zeit, sich endlich allgemein für Einheitlichkeit und Beschränkung auf wenige Hauptformate (Din A) zu entscheiden. Dann das V e r z e i c h n i s. Immer noch gibt es Verfasser, die ihren Lesern die Benutzung von Büchern ohne ausführliche Personen- und Sachverzeichnisse zumuten. Der einmalige Zeitaufwand für die Herstellung eines Verzeichnisses ist verschwindend klein gegenüber den Zeitverlusten, die Tausenden von Lesern aus dem Fehlen von Verzeichnissen erwachsen. Wann wird ferner die A n k ü n d i g u n g der Bücher endlich zweckmäßiger gestaltet? Die „Bibliographia Technica" und die „Bibliographia Chimica" sind als rein bibliographische Hilfsmittel unzweifelhaft ein Fortschritt und verdienen nicht nur beibehalten, sondern noch ausgebaut und verbessert zu werden. Aber die eigentliche Empfehlung eines neuen Buches durch Besprechungen und kurze Inhaltangabe, die heute auf den verschiedensten Wegen — in den Zeitschriften und Zeitschriftenbeilagen, in Literaturberatungsblättern der Verleger und Buchhändler — erfolgt, ist durchaus unzweckmäßig. Mit einem Teile des Geldes, das nach dem jetzigen Verfahren höchst unwirksam zur Papierkorbfütterung verbraucht wird, ließe sich ein großzügiges „Z e n t r a l b l a t t f ü r t e c h n i s c h e B u c h l i t e r a t u r" schaffen, das ganz oder geteilt den Zeitschriften beigelegt werden könnte. Die Vorteile liegen auf der Hand: Vermeidung unnützer vermehrter Facharbeit, Zeitersparnis für den Leser, Raumgewinn für den Textteil der Zeitschriften, Geldersparnis für die Verleger. Will man darüber hinaus noch nachhaltiger zum Buchankauf anregen, so verwende man die seit kurzem üblich gewordenen Karten, die links oben den Verfassernamen angeben, rechts Platz für ein Schlagwort lassen, dessen Wahl dem Empfänger überlassen bleibt; wer sich überhaupt mit Büchern beschäftigt, wird die kleine Mühe nicht scheuen, diese Anzeigen in Karteiform zu sammeln, um sich gegebenenfalls von seiner Buchkartei beraten zu lassen.

Zeitschriften.

Das Gebiet der Zeitschriften gibt — vom Leserstandpunkt aus — vielleicht noch mehr Anlaß zur Beanstandung als das Buchwesen. Auch hier wird die Zeit des Lesers in unverantwortlicher Weise mißbraucht. Berge von Papier und Druckerschwärze werden unwirtschaftlich verwendet, Geld und Arbeitskraft unzweckmäßig vergeudet. Der Durchschnittsleser spricht auf die Überfülle des Dargebotenen meist in der Weise an, daß er seine Zeitschriften „überfliegt" oder überhaupt nicht liest („wer kann „das Zeug" alles lesen!"). Der Gewissenhafte arbeitet sich mit Mühe und Zeitverlust durch den Ballast des für ihn nicht in Betracht kommenden Stoffes hindurch, um hin und wieder eine brauchbare Mitteilung zu entdecken. Gesamtergebnis: ein Wirkungsgrad, der mit fünf vom Hundert wohl noch zu hoch angenommen wird.

Unser Zeitschriftenwesen hat sich nach dem Überstehen der Inflationsnöte verhältnismäßig gut erholt: es sind zahlreiche neue Fachzeitschriften gegründet worden, und den bewährten älteren Fachblättern ist es teilweise gelungen, ihren Inhalt noch zu verbessern und zu erweitern. Diese Entwicklung ist an sich gewiß erfreulich. Trotzdem muß die Frage gestellt werden, ob nicht gerade das Bestreben, immer noch mehr und immer noch umfangreichere Zeitschriften herauszugeben, eine der Hauptursachen ihrer schlechten Ausnutzung sei. Jede Zeitschrift glaubt, es heute ihrem Rufe schuldig zu sein, neben ihrem Textteil einen Referatenteil zu bringen, der im Interesse der Vollständigkeit meist auch auf die Nachbargebiete übergreift; jede Zeitschrift hält es für nötig, ihren Lesern auch über die Auslandliteratur zu berichten, eine Patentübersicht zu geben, Buchbesprechungen zu bringen — kurz Arbeit zu leisten, die zu einem nicht unbeträchtlichen Teile gleichzeitig auch von mehreren anderen Zeitschriften besorgt wird. Diese gutgemeinte Vielseitigkeit und Vollständigkeit droht zu einer Gefahr für die zukünftige Entwicklung des Zeitschriftenwesens zu werden. Sonderfachblätter haben nur dann eine Berechtigung, wenn sie sich streng auf ihr eigentliches Sondergebiet beschränken und wirklich der Sammelplatz aller dies Gebiet betreffenden Erstveröffentlichungen sind.

Es liegt nahe, den Gedanken der K a r t e i auch auf das Zeitschriftenwesen zu übertragen und die Rettung aus der jetzigen Literaturnot vom karteimäßigen Druck der Zeitschriften zu erhoffen. Dieser Weg ist sogar

schon beschritten worden, und zwar vom Eisenbahn-Zentralamt, das seit Anfang dieses Jahres seine amtlichen „Mitteilungen" in der neuartigen Form von Einzelblättern herausgibt, die in je vier Teilblätter zerschnitten werden können. Nach einer besonderen Karteiordnung, die den gesamten Stoff der Zeitschrift nach Gegenständen zergliedert, werden die einzelnen Teilblätter in Kästen oder Ringbüchern gesammelt. Dieses Beispiel einer Karteizeitschrift erscheint zunächst sehr bestechend. Aber es ist kaum anzunehmen, daß es in absehbarer Zeit allgemeine Nachahmung finden wird. Solange unsere Zeitschriften inhaltlich so verwickelte Gebilde bleiben, wie sie es bisher sind, wird diese Neuerung wohl nur bei den einfachsten Zeitschriftentypen — Verordnungsblättern, Vorschriftensammlungen usw. — Eingang finden. Die allgemeine Durchführung des Karteigedankens im Zeitschriftenwesen hat so umwälzende Veränderungen in bezug auf Inhalt und Form aller Veröffentlichungen zur Voraussetzung, daß man einstweilen keine Möglichkeit sieht, sie zu verwirklichen.

Technisches Referatenwesen.

Die Frage, ob und wieweit die zahlreichen technischen Fachzeitschriften einen eigenen Referatenteil unterhalten sollen, führt zu der weit wichtigeren Frage des technischen Referatenwesens überhaupt. Man kann, ohne den Verdiensten der vom Verein deutscher Ingenieure herausgegebenen „Technischen Zeitschriftenschau" zu nahe zu treten, wohl sagen, daß diese Frage für die Ingenieure noch nicht restlos gelöst ist; ein vollwertiges „Technisches Zentralblatt", das den Vergleich mit referierenden Zentralblättern anderer Wissensgebiete aushalten könnte, fehlt noch. Am vorbildlichsten haben die Chemiker die regelmäßige Berichterstattung über Veröffentlichungen ihres Gebietes eingerichtet. Das von der Deutschen Chemischen Gesellschaft herausgegebene „Chemische Zentralblatt" bearbeitet auf Grund einer jahrzehntelangen Erfahrung planmäßig über 500 Zeitschriften sowie die gesamte Patentliteratur des In- und Auslandes. Im Jahre 1924 wurden beispielsweise 12 496 Referate wissenschaftlicher Natur, 12 729 Referate technischer Natur, also insgesamt 25 225 Referate veröffentlicht. Das „Chemische Zentralblatt", das in wöchentlichen Heften erscheint, umfaßte 1924 vier stattliche Bände mit insgesamt 7023 Seiten (einschließlich Verzeichnis). Der Jahresbezugspreis beträgt 80 M. für Bezieher, die nicht der „Deutschen Chemischen Gesellschaft" oder dem „Verein Deutscher Chemiker" angehören, für Mitglieder dieser Vereinigungen 60 M. Für einen verhältnismäßig geringen Betrag wird also den Chemikern eine rasche und erschöpfende Berichterstattung über ihre gesamte laufende Literatur geboten. Eine sehr weitgehende planmäßige Gliederung des gesamten Stoffes sowie besonders sorgfältig hergestellte Verzeichnisse (Verfasser-, Schlagwort-, Patentnummern- und Formelverzeichnis) machen die Benutzung dieses Zentralblattes denkbar einfach und gewährleisten sowohl auf dem Gesamtgebiet der reinen und angewandten Chemie wie auf jedem Einzelgebiet eine rasche und zuverlässige Unterrichtung. Eine ähnliche zusammenfassende Berichterstattung haben sich die Physiker in ihren „Physikalischen Berichten" geschaffen. Die Mediziner verfügen nicht über ein Gesamt-Referatenblatt, haben aber dafür eine größere Anzahl selbständiger Teilreferatenblätter, deren Arbeitsgebiete gegeneinander abgegrenzt sind, so daß Überdeckungen möglichst vermieden werden. Die Nachteile dieses Verfahrens fachlicher Gliederung sind zum Teil dadurch vermieden, daß die weitaus überwiegende Zahl der medizinischen Zentralblätter von einem einzigen Verlag herausgegeben wird, so daß praktisch ein enges Zusammenarbeiten der Schriftleitungen möglich ist. Für den Spezialisten hat diese Zerlegung der Berichterstattung einen Vorzug, für den praktischen Arzt, der die Fortschritte auf allen Gebieten der Medizin verfolgen will, ist sie ein Nachteil.

Ob man nun einer straffen Zusammenfassung des Referatenwesens in einem einzigen Zentralblatt oder der getrennten Behandlung des Gesamtgebietes in mehreren Referatenblättern den Vorzug geben will: unerläßlich ist jedenfalls eine weitgehende Zentralisierung der Schriftleitung. Bei der Schaffung eines wirklichen „Zentralblattes der Technik", also bei einem Ausbau der „Technischen Zeitschriftenschau", müßten daher andre schon bestehende Literaturübersichten (z. B. für Bergbau in „Glückauf", für Eisenhüttenwesen in „Stahl und Eisen") mit der „Technischen Zeitschriftenschau" verschmolzen werden; sie könnten jedoch, falls es gewünscht wird, in Form von Teilausgaben des gesamten „Technischen Zentralblattes" weiterbestehen. Dieser Weg erscheint zunächst als ein großes Opfer, das die betreffenden Vereinigungen zu bringen hätten. Aber sachliche Gründe, die gegen diese Zusammenlegung sprechen, dürften sich kaum anführen lassen. Auch das „Chemische Zentralblatt" in seiner jetzigen umfassenden Form wurde erst dadurch möglich, daß der „Verein deutscher Chemiker" sich zur Aufgabe des chemisch-technischen Referatenteils seiner „Zeitschrift für angewandte Chemie" entschloß. Derartige „Opfer" werden reichlich belohnt durch Ersparnisse an Zeit und Geld und durch eine unvergleichlich bessere Erfassung und Ausnutzung des gesamten Schrifttums.

Es ist hier nicht möglich, auf Einzelheiten in der Gestaltung eines „Technischen Zentralblattes" näher einzugehen. Nur angedeutet sei die Wichtigkeit einer weitgehenden, auf die Praxis Bedacht nehmenden planmäßigen Einteilung des Gebietes der Technik und die große Bedeutung sorgfältig durchgearbeiteter Verzeichnisse. Noch größere Schwierigkeiten als derartige Fragen bereitet die Aufgabe der technischen Berichterstattung an sich, das „Was" und „Wie" des Berichtens. Man wird hier stets als maßgebend die Forderung aufstellen müssen, daß nur solche Veröffentlichungen einen Auszug verdienen, die unser technisches Wissen und unsere technischen Erfahrungen wirklich bereichern. „Wiederkäuende" Arbeiten und zusammenfassende Berichte dürfen höchstens durch Anführung ihrer Überschrift gewürdigt werden. Durch diese Auslese, die allerdings befähigte und erfahrene Mitarbeiter voraussetzt, wird der Allgemeinheit ein unschätzbarer Dienst erwiesen. Die Ausführlichkeit der Berichte muß in erster Linie von ihrer Wichtigkeit abhängen; im übrigen ist sie eine Sache der Vereinbarung und eine Geldfrage. Es ist hierbei auch stets daran zu erinnern, daß ein Auszug niemals den Urtext ersetzen kann und immer nur auf die Quelle hinleiten soll. Es muß daher auch die Möglichkeit geschaffen werden, rasch und billig Originalarbeiten in Form von Photoabzügen zu erhalten. Eine derartige „Literaturbeschaffungsstelle" gehört unbedingt zu den Einrichtungen, die einem „Technischen Zentralblatt" anzugliedern sind, wenn es seine volle Wirksamkeit entfalten soll, ebenso wie auch die Lieferung von Übersetzungen (für die der V. d. I. ja schon eine eigene Stelle ins Leben gerufen hat) in das Gebiet einer planmäßigen Erleichterung der Literaturbenutzung fällt.

Die schwierigste Frage ist die der Geldbeschaffung. Ein „Technisches Zentralblatt" kann sich nicht aus eigenen Einnahmen erhalten, sondern wird stets auf nicht unbeträchtliche Zuschüsse angewiesen sein. Die deutsche chemische Großindustrie hat in der richtigen Erkenntnis, daß die Literaturpflege für sie eine Lebensnotwendigkeit ist, eine besondere Gesellschaft — die A. v. Baeyer-Gesellschaft — gegründet, die mit den von ihren Mitgliedern bezahlten Beiträgen die literarischen Unternehmen der „Deutschen Chemischen Gesellschaft", vor allem auch das „Chemische Zentralblatt", unterstützt. Sollte Ähnliches nicht auch in der nicht-chemischen Großindustrie möglich sein? Die wirtschaftliche Lage unserer Industrie ist gerade jetzt so wenig erfreulich, daß neue geldliche Anforderungen in diesem Augenblick unzweckmäßig und aussichtslos erscheinen könnten. Aber gerade die augenblicklich so ungünstige Lage der Industrie sollte den Blick schärfen für die Einsicht, daß eine Verbesserung der Literaturausnutzung, wie sie die Schaffung eines „Technischen Zentralblattes" darstellen würde, mit dazu beitragen müßte, rascher und erfolgreicher die Schwierigkeiten der jetzigen Lage zu überwinden. Von diesem Gesichtspunkt aus erscheint auch die Frage berechtigt, ob nicht der Staat die Pflicht hätte, eine so wichtige Aufgabe

wie die technische Berichterstattung weitgehend geldlich zu fördern. Mit einem kleinen Bruchteil der Mittel, die er heute der Industrie in Form von Steuern abnimmt, könnte ein Unternehmen geschaffen werden, dessen Nutzen letzten Endes der Allgemeinheit zuflösse. Ein großzügiges „Technisches Zentralblatt" wäre gleichzeitig ein wirksames Mittel zur Stärkung des Ansehens, das die deutsche Technik im Ausland genießt. Ein solcher „Aktivposten" würde sehr wertvoll sein, wenn früher oder später einmal die Einrichtung des wissenschaftlich-technischen Nachrichtendienstes Gegenstand zwischenstaatlicher Zusammenarbeit werden sollte.

Die oben angedeuteten Vorschläge zur Verbesserung der technischen Berichterstattung können die Aufgabe rationeller Literaturauswertung allein nicht restlos lösen. Sie müssen wirksam ergänzt werden durch Maßnahmen, die darauf hinzielen, den von den Zeitschriften gebrachten Stoff — im Urtext oder im Auszug — auf zweckmäßige Weise dem Einzelnen zuzuführen. Wenn man den Ostwaldschen Vergleich aus der Volkswirtschaft noch mehr ausspinnen will, könnte man sagen: es ergibt sich die weitere Aufgabe, den Kleinhandel mit der Ware „Literatur" in die richtigen Bahnen zu leiten.

Literarische Abteilungen von technischen Unternehmen.

Insbesondere kommt hier die Frage in Betracht, wie die Industrie praktisch die Literaturauswertung verbessern kann. Große Firmen haben bekanntlich ihre eigenen literarischen Abteilungen, deren Aufgabe darin besteht, die technische Literatur zu verfolgen und zu sammeln sowie alle Veröffentlichungen, die dem Unternehmen von Nutzen sein können, den zuständigen Stellen zur Kenntnis zu bringen. Unter Hinweis auf eine wertvolle frühere Abhandlung[1]) sei hier die Einrichtung einer industriellen Literaturabteilung in kurzen Zügen geschildert.

Technische Abhandlungen lassen sich auf zweierlei Weise festhalten und sammeln. Man kann entweder aus den Zeitschriften die Aufsätze, die für das Unternehmen wichtig sind, herausschneiden und die Ausschnitte nach einem bestimmten Plan in Mappen sammeln, oder aber die Überschriften dieser Abhandlungen unter Anfügung der Quelle (Band, Jahrgang und Seite der Zeitschrift) auf Karten festhalten, die nach Schlagworten und Verfassern geordnet werden. Das „Ausschneideverfahren", das früher sehr üblich war, ist heute wohl durchweg zugunsten des Karteiverfahrens aufgegeben worden. Nur für kleinere Betriebe mit eng begrenztem Arbeitsgebiet hat es heute noch eine gewisse Berechtigung; ferner für das Sammeln wirtschaftlicher Nachrichten, deren Quellen — hauptsächlich Tageszeitungen — keinen oder nur geringen Bibliothekwert haben.

Die eingegangenen Zeitschriften — bei Firmen mit vielseitigen Arbeitsgebieten geht ihre Zahl in die Hunderte — werden zunächst von einer Hilfskraft in die Zeitschriftenkartei eingetragen und mit einem Umlaufzettel versehen, auf dem die Namen der für diese Zeitschrift vorgemerkten Leser eingetragen werden. Die Karten der Zeitschriftenkartei sind auf beiden Seiten mit Vordruck versehen, z. B. nach Abb. 1; unter A sind die Leser eingetragen, die regelmäßige Vorlegung der Zeitschrift wünschen, einerlei ob das betreffende Heft sie betreffende Veröffentlichungen enthält oder nicht, unter B diejenigen Leser, denen die Zeitschrift nur dann zuzuleiten ist, wenn sie Nachrichten bringt, für die sich der Leser besonders interessiert. Auch die Umlaufzettel, Abb. 2, sind zur zweimaligen Verwendung doppelseitig bedruckt und gummiert. Der mit der Durchsicht der Zeitschriften beauftragte „Literaturingenieur" trägt auf dem Umlaufzettel jedes Heftes die Seitenzahlen der Arbeiten ein, die zur Kenntnis gebracht und in der Literaturkartei festgehalten werden sollen. Nachdem dies erledigt ist, werden die Zeitschriften in Umlauf gebracht. Zweckmäßigerweise wird das Empfangsdatum nicht von dem jeweiligen Leser, sondern von dem das Heft abliefernden Boten auf dem Umlaufzettel vermerkt, während der Leser den Tag der Erledigung oder Weitergabe einzutragen hat. Die Umlaufgeschwindigkeit der Zeitschriften hängt natürlich sehr vom Leser ab. Im allgemeinen sollten Zeitschriften nicht länger als einen Tag bei einem Leser bleiben; kann er in dieser Zeit nicht die zur Durchsicht erforderliche Zeit aufbringen, so gibt er die Zeitschrift ungelesen weiter mit einem Vermerk, auf Grund dessen sie ihm nach Durchlaufen aller vorgesehenen Stellen nochmals zugestellt wird. Die Frage, ob der angestellte Ingenieur einen angemessenen Teil seiner Dienstzeit zum regelmäßigen Literaturstudium verwenden darf oder ob das Lesen von Fachzeitschriften eine Privatangelegenheit ist, die er zu Hause zu erledigen hat, dürfte heute wohl durchweg im ersteren Sinne entschieden sein (womit natürlich nicht gesagt sein soll, daß Zeitschriften mit besonders wichtigen Aufsätzen, deren Studium längere und gesteigerte Aufmerksamkeit erfordert, nicht mit nach Hause genommen werden können).

Bezug durch:	Erscheint:	Signatur:
Verlag:		

Leser A: Leser B:

Nr.	Eing.	Ausg.	Leser	Zurück	Nr.	Eing.	Ausg.	Leser	Zurück

RZ 1102 Z1

Abb. 1. Vordruck für Zeitschriftenkarten.

In Umlauf gesetzt am:

Umlaufend bei	Zugestellt am	Zu beachten Seite	Gelesen: Name	Datum

13,5

17,5

In Kartei registrieren

Seite:	Schlagwort:

RZ 1102 Z2

Abb. 2. Umlaufzettel für Zeitschriften.

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S. 391/2.

Die Literaturkartei, in der alle in das Arbeitsfeld eines Unternehmens fallenden Veröffentlichungen festgehalten werden, ist die Grundlage jedes gut arbeitenden Nachrichtendienstes. Sie liefert, wenn sie zweckmäßig angelegt und weitergeführt wird, in jedem Augenblick sofort einen vollständigen Überblick über die Literatur eines Sondergebietes. Es empfiehlt sich, nicht nur eine alphabetisch geordnete Sachkartei (mit planmäßiger Unterteilung umfangreicher Schlagwörter) anzulegen, sondern auch eine Verfasserkartei und — bei Berücksichtigung der Patentliteratur — eine Nummernkartei. Selbstverständlich wird hierbei nur eine Karte, und zwar mit der Maschine, geschrieben; die beiden andern Karten werden in Form von Durchschlägen hergestellt.

Bei der Bearbeitung der Patentliteratur kann man sich die Schreibarbeit dadurch erleichtern, daß man Ausschnitte aus dem „Patentblatt" verwendet, von dem man dann allerdings außer dem Büchereiexemplar zwei weitere Stücke zum Zerschneiden beziehen muß. Der Patentanmeldungsausschnitt wird auf die linke Hälfte der Karte geklebt, der entsprechende Patenterteilungsausschnitt auf die rechte. Die Überschriften der eingegangenen Patentschriften — Anmeldungen und erteilte Patente — werden sofort oder auch in bestimmten Zwischenräumen denen, die es angeht, zur Kenntnis gebracht, und auf Grund dieser Zuwachslisten können die gewünschten Patente zum Studium angefordert werden. Die für den Umlauf bestimmten Zuwachslisten werden in einem Arbeitsgang mit dem Aufschreiben des Einganges der Patentschriften als Schreibmaschinendurchschläge hergestellt.

Oft wird es erwünscht sein, eine nach bestimmten Grundsätzen geordnete schriftliche Literaturzusammenstellung zu erhalten, z. B. eine Übersicht über patentierte Verfahren zur Herstellung eines bestimmten Erzeugnisses, einen zusammenfassenden Bericht über Erfahrungen mit einem bestimmten Werkstoff oder ähnliche Literaturauskünfte. Derartige Berichte abzufassen, ist Sache des literarischen Bureaus, das damit dem Forschungs- oder Betriebsarbeit leistenden Ingenieur viel Zeit ersparen und wichtige Anregungen geben kann. Diese bibliographischen Zusammenstellungen, die stets auf dem Laufenden zu halten sind, erhalten ein besonderes Kennzeichen und werden in der Literaturkartei unter dem betreffenden Schlagwort an erster Stelle verzeichnet.

Die Zusammenfassung des gesamten Nachrichtendienstes erweist sich besonders notwendig für Industriekonzerne und Großunternehmen, die Zweigniederlassungen und Arbeitstätten an verschiedenen Orten unterhalten. In solchen Fällen empfiehlt sich die Herausgabe einer hektographierten oder gedruckten berichtenden Firmenzeitschrift, die in bestimmten Zwischenräumen, am besten wöchentlich, den nicht in der Zentrale tätigen Ingenieuren eine regelmäßige Auslese aus den neuesten Veröffentlichungen — in Form von Berichten oder auch nur als Titelangaben — übermittelt. Urtextliche Arbeiten von besonderer Wichtigkeit werden von der Zentrale angefordert, die dann einen Photoabzug der gewünschten Mitteilung liefert. Ein gut arbeitender photographischer Vervielfältigungsapparat gehört mit zum Werkzeug jedes Literaturbureaus; für die photographische Wiedergabe von Literaturstellen aus Zeitschriften und Büchern, die man nicht aus der Hand geben möchte oder selbst entliehen hat, für die Vervielfältigung von Abbildungen, Zeichnungen und Zahlentafeln, für die Herstellung von Kontoauszügen, Bestandaufnahmen, Bilanzen usw. erweist sich eine solche Einrichtung als unentbehrlich.

Auch der wirtschaftliche Nachrichtendienst eines Unternehmens wird zweckmäßig von dem Literaturbureau zusammen mit dem wissenschaftlich-technischen erledigt. Es ist unwirtschaftlich, wenn in einem großen Unternehmen die verschiedenen Verkaufsabteilungen, die Direktionssekretariate, die Abteilungen für Steuer-, Zoll- und Frachtwesen usw. ihre eigene Literatur selbst beschaffen und sammeln. Viel empfehlenswerter ist die Einrichtung eines einheitlichen Wirtschaftsdienstes, der alle Nachrichten über Wirtschaftspolitik, Steuern, Zölle, Tarife, Markt- und Preisverhältnisse, Gesetze und Verordnungen sammelt und den zuständigen Stellen zur Kenntnis bringt. Für das Wirtschaftsarchiv, das eine weitgehende sachliche und geographische Gliederung erhält, dürfte das Ausschnittverfahren das beste sein: die Ausschnitte werden auf einheitliche Blätter geklebt, die mit Datum, Namen der Leser, Quellenangabe und Signatur versehen, in „Eilmappen" mehrmals täglich in Umlauf gebracht und nach dem Wiedereingang auf Grund ihrer Auszeichnungen in Wagerechtmappen abgelegt werden. Ein einheitlich gefaßtes Wirtschaftsarchiv bedeutet eine große Entlastung für die einzelnen nicht-technischen Abteilungen. Die kaufmännischen, volkswirtschaftlichen und juristischen Mitarbeiter eines Unternehmens sträuben sich anfangs meist gegen eine derartige Zentralisierung; aber erfahrungsgemäß überzeugen sich auch die hartnäckigsten Verteidiger der Abteilungsselbständigkeit bald von der Zweckmäßigkeit dieser Einrichtung. Jeder Nachrichtendienst, insbesondere aber der auf rascheste Übermittlung angewiesene wirtschaftliche, kann selbstverständlich nur dann zur Zufriedenheit arbeiten, wenn die Möglichkeit besteht, die Auskunftswünsche in kürzester Zeit, sei es mündlich durch Hausfernsprecher, sei es durch Zustellung der Unterlagen durch Boten oder mechanische Beförderungsmittel zu befriedigen.

Beratungsstelle für technische Literatur.

Die guten Erfahrungen, die man in der Großindustrie mit der Einrichtung von Literaturbureaus gemacht hat, legen die Frage nahe, ob man nicht auch den Firmen der mittleren und Kleinindustrie, die sich keine solche Abteilung leisten können, die Vorteile dieser Einrichtung verschaffen könnte. Auch der einzelne selbständige Ingenieur würde wahrscheinlich eine Beratungsstelle für technische Literatur dankbar begrüßen. Manche Fachverbände widmen sich schon im Rahmen der Arbeiten ihrer Geschäftstelle der Aufgabe der technischen Beratung ihrer Mitglieder. Eine derartige Tätigkeit wird im allgemeinen die Nutzleistung einer großindustriellen Literaturabteilung aber bei weitem nicht erreichen. Eine wirksame ständige Berichterstattung setzt die Durchsicht und Verarbeitung einer umfangreichen Zeitschriften- und Patentliteratur voraus; zur Aufbringung der hierzu erforderlichen Geldmittel werden wohl die wenigsten Fachverbände in der Lage sein. Wenn wirklich gründliche Arbeit geleistet werden soll, käme nur die Errichtung einer zentralen Literaturauskunftstelle in Betracht, die geldlich von allen Industriekreisen zu stützen wäre, die Wert auf das Bestehen dieses Unternehmens legen. Eine solche Zentralstelle würde für ihre Arbeiten denselben Zeitschrifteneingang und dieselben Hilfsmittel nötig haben wie ein berichtendes „Technisches Zentralblatt".

Beide Einrichtungen gehören also zusammen und lassen erst in gegenseitiger Ergänzung zu, die technische Literatur wirtschaftlich auszunutzen. Das „Zentralblatt", das in seinen Spalten den ganzen Nachrichtenstoff der Technik natürlich nur bis zu einem gewissen Grade planmäßig gliedern kann, käme also hauptsächlich für Leser mit vielseitigen Literaturwünschen, für die Großindustrie und diejenigen Industriezweige in Betracht, deren Arbeitsgebiet noch im Rahmen einer Unterabteilung des Referatenblattes zusammenfassend behandelt werden kann. Alle übrigen Leser, deren literarische Bedürfnisse enger umgrenzt sind und oft nur ein einziges Sonderfach oder -verfahren betreffen, würden vorteilhafter zur Befriedigung ihrer Wünsche die „Auskunftzentrale" in Anspruch nehmen, deren Aufgabe darin bestehen würde, den ganzen Literaturstoff des „Zentralblatts" nach Maßgabe der vorliegenden Bestellungen noch mehr zu vereinzeln und auf dem Wege der Sonderberichte zu verbreiten.

Eine Fülle von Aufgaben harrt also noch der Lösung, wenn man die bisher recht mangelhafte Ausnutzung der technischen Literatur verbessern will. Die vorstehenden Ausführungen, die nur als Anregungen und Vorschläge in dieser Richtung aufzufassen sind, dürften gezeigt haben, daß schon heute sowohl auf Seiten der Literaturerzeuger wie auf Seiten der Literaturverbraucher manche Erfolg versprechende Maßnahme durchgeführt werden kann. Ob die wichtigste Aufgabe auf dem Gebiet der Auswertung technischer Literatur,

die Schaffung einer zentralen Berichterstattung und Auskunfterteilung, schon heute in Angriff genommen werden kann, soll hier nicht weiter untersucht werden. Jedenfalls wird diesen Bestrebungen nur dann ein voller Erfolg beschieden sein, wenn man versucht, sie auf breitester Grundlage, unter Heranziehung aller an der Nutznießung der technischen Literatur beteiligten Industriekreise zu verwirklichen. Je früher dieser Versuch gemacht wird, um so besser sind die Aussichten für sein Gelingen.

Der „Literaturtechniker".

Die planmäßige Literaturauswertung in der Industrie wird zur Folge haben, daß sich mehr Ingenieure als bisher einer ausschließlich literarischen Betätigung widmen werden. Der „Literaturtechniker", der vorerst nur vereinzelt vorkommt, ist eine neue Abart des Technikers, die noch nicht die allgemeine Anerkennung und Würdigung gefunden hat. Der Industrieführer und der im Betrieb oder Laboratorium arbeitende Ingenieur und Chemiker neigt oft dazu, den Literaten als nicht ganz vollwertig anzusehen. Diese kurzsichtige Beurteilung einer durch die Notwendigkeit der Arbeitsteilung gegebenen Berufsabzweigung ist ganz unangebracht und meist darauf zurückzuführen, daß es an Verständnis für die Eigenheiten literarisch-technischer Betätigung und für die persönlichen Voraussetzungen zu ihrer Ausübung fehlt. Der literarisch tätige Ingenieur oder Chemiker muß nicht nur über eine gründliche theoretische Vorbildung verfügen; er muß auch genau so wie jeder andere Techniker einige Jahre praktisch im Betriebe gearbeitet haben, wenn er sich später mit Erfolg als literarischer Berater nützlich erweisen soll. Zu diesen selbstverständlichen Voraussetzungen kommt noch eine Reihe weiterer hoher Anforderungen: organisatorisches Geschick, Vielseitigkeit der Veranlagung, ein gutes Gedächtnis und vor allem eine besondere geistige Beweglichkeit, die es möglich macht, sich sofort in die Denkarbeit zahlreicher Gehirne einzuschalten. Als Ersatz für die innere Befriedigung, die Erfinden und Entdecken gewährt, erhält der Literaturtechniker einen viel weiteren Überblick über die ganze Technik als der zur Spezialisierung gezwungene Praktiker. Aus der berufsmäßigen Beschäftigung mit der technischen Literatur erwächst ihm ein umfassendes Bild von der Größe der Technik, das meist denen zu schauen versagt ist, die nur am Ausbau eines kleinen Abschnittes arbeiten.

Bei der jetzigen Überfüllung aller technischen Berufe könnte man nur wünschen, daß die Erkenntnis von der zunehmenden Wichtigkeit der Literaturauswertung dazu führen würde, recht vielen Ingenieuren und Chemikern, die sich zur literarischen Betätigung eignen, ein neues Arbeitsfeld zu erschließen. Man braucht dabei wohl nicht zu befürchten, daß die Zahl der technischen Literaten zu groß wird, besonders dann nicht, wenn es gelingt, diese Betätigung zugleich zu einer anerkannten Vorschule für andere Berufe zu machen, die heute gewissermaßen noch an der Grenze der Technik liegen. Der literarisch tätige Techniker wäre z. B., um Nächstliegendes anzuführen, der gegebene Anwärter für zahlreiche Bibliothekarstellen an öffentlichen Büchereien, die heute — sehr zum Nachteil ihrer Benutzbarkeit — ausreichender Mitarbeit des Ingenieurs und Chemikers immer noch entbehren. Auch auf dem Gebiete des gewerblichen Rechtsschutzes, als gerichtlicher Berater und im Dienst industrieller Werbetätigkeit müßte gerade der Literaturtechniker Gewähr für besondere Eignung bieten. Bemerkenswert wäre auch der Versuch, ihn zu Verwaltungsaufgaben in Stadt und Staat oder zur politischen Arbeit im Parlament heranzuziehen. Bisher ist den Bemühungen, auf allen diesen Gebieten der Technik mehr Geltung zu verschaffen, leider wenig Erfolg beschieden gewesen. Der praktisch tätige Techniker findet an hauptberuflicher öffentlicher Tätigkeit selten Geschmack; er wird stets die Empfindung haben, daß die Beschäftigung mit diesen Dingen ihn seinem eigentlichen Beruf entzieht, und er wird sich ihnen höchstens dann mit Eifer widmen, wenn die Wahrnehmung wirtschaftlicher Interessen es fordert. Vielleicht eignet sich ein durch die Schule literarischer Betätigung gegangener technischer Nachwuchs mit seinen besonderen Kenntnissen, Fähigkeiten und Neigungen besser zur Verwirklichung der wichtigen Bestrebungen, der Technik und ihren Vertretern im öffentlichen Leben den Einfluß zu geben, auf den sie heute Anspruch machen kann. [B 1102]

Über Anfressungen von Eisenlegierungen.

Brunner[1]) hat im Laboratorium von Prof. Dr. Boßhard[2]) das chemische Verhalten der sogenannten rostsicheren Eisensorten untersucht, um Richtlinien für ihre Anwendung zu schaffen und die Grenzen der Anwendungsmöglichkeiten festzustellen. Er vermißt in den über das Gebiet letzterschienenen Arbeiten[3]) vergleichende Versuche im größeren Maßstab, er findet das Verhalten meist nur „mit einigen allgemeinen Sätzen charakterisiert".

Die Versuche von Brunner erstreckten sich auf das Verhalten der Legierungen gegenüber verschiedenen Säuren und Salzlösungen in wechselnden Konzentrationen und in Berührung mit andern edleren und unedleren Metallen, ferner auf die Widerstandfähigkeit dieser Legierungen gegenüber Gasgemischen bei hohen Hitzegraden sowie bei Kondensationstemperaturen unter 100 °C.

Untersucht wurden zwanzig verschiedene Legierungen und fünf Vergleichstoffe. Herkunft, Zusammensetzung, Verarbeitung und Wärmebehandlung, Ergebnisse von Versuchen an freier und rauchiger Luft sowie an verschiedenen verdünnten Lösungen ausgesetzten Proben sind in Zahlentafeln zusammengestellt; weitere Zahlentafeln enthalten die Ergebnisse von Versuchen über den Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit und über den Einfluß der Wärmebehandlung auf den Angriff in Lösungen. Hingewiesen sei noch auf Versuche über das Verhalten geschweißter Proben in Kochsalzlösungen von 2,5 vH Gehalt und n/10 Essigsäure. An den Schweißstellen der Proben wurde ein nicht sehr starker, aber doch sichtlich vermehrter Angriff festgestellt.

Leider wird der Wert der zahlreichen Ergebnisse dadurch beeinträchtigt, daß viele Werkstoffe im Anlieferungszustand, andre nach dem Ausschmieden und Auswalzen der Proben zu Blechen teils mit, teils ohne nachfolgende Wärmebehandlung untersucht sind. Die Ergebnisse sind ferner für die Oberflächeneinheit auf bestimmte Zeitdauer umgerechnet, ohne daß über die wirkliche Dauer der Versuche Angaben vorliegen.

Von den Schlußfolgerungen seien als bemerkenswert erwähnt:

1. Die in großen Zügen festgestellte Übereinstimmung der gefundenen chemischen Eigenschaften mit den Angaben von Daeves[4]).
2. Gegen chemische Einflüsse zeigen die hochlegierten Vierstoffstähle[5]) höchste Widerstandfähigkeit, darnach kommen Chromstähle mit über 11 vH Chrom und niedrigem Kohlenstoffgehalt.
3. Rostsicherheit wird bedingt durch einen Gehalt von mindestens 11 vH Chrom. Die Legierungen sind dabei um so edler, je weniger Kohlenstoff sie enthalten. Mehr Chrom, ebenso Zugabe von Nickel in größeren Mengen verbessern noch die Widerstandfähigkeit.
4. Allein mit Nickel legierte Stähle sind nicht rostsicher.
5. Gegen schweflige Säure und organische Säuren ist nur Krupps V 2 A-Stahl widerstandfähig.
6. Gegen Salpetersäure sind Chromstähle stark passiv, Nickelstähle nicht. Diese sind gegen Schwefelsäure widerstandfähiger. Besonders bei höheren Temperaturen treten aber oft unerwartete Anfressungen auf.
7. Wichtig für die Rostsicherheit ist auch insbesondere, daß eine für die Bearbeitung etwa notwendige Wärmebehandlung sachgemäß durchgeführt wird.
8. Politur erhöht in vielen Fällen die Rostsicherheit, die mit dem Erblinden aber dann teilweise verloren geht.
9. Hochlegierter Siliziumguß eignet sich am besten für Gegenstände, die hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Sie widerstehen da auch stark sauren Rauchgasen. Sobald aber Niederschläge auftreten, bleibt nur V 2 A beständig.
10. Bei der Beurteilung der Eignung einer Legierung für einen bestimmten Verwendungszweck ist besonders darauf zu achten, ob der Angriff dauernd ist oder ob in gewissen Zeitabständen gereinigt werden kann. Bei dauerndem Angriff ist wesentlich größere Vorsicht erforderlich. [N 726]

Dortmund. Fr. Heinrich.

[1]) A. Brunner, Korrosionsverhältnisse der bis heute bekannten sog. nichtrostenden Eisen- und Stahllegierungen bei verschiedenen Temperaturen, Beiblatt zur Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich Bd. 69 (1924) Nr. 6.

[2]) Techn.-Chem. Laboratorium der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich.

[3]) z. B. Strauß und Maurer, ferner Wendt (Kruppsche Monatshefte Aug. 1920 und Juni 1922); Daeves, „Stahl u. Eisen" Bd. 42 (1922) S. 1315. Während der Untersuchung des Verfassers erschienen: Hatfield, „The Engineer" Bd. 134 (1922) S. 639; Rawdon und Krynitschki, Chem. Met. Engg. Bd. 27 (1922) S. 171, „Stahl u. Eisen" Bd. 43 (1923) S. 667.

[4]) „Stahl u. Eisen" Bd. 42 (1922) S. 1315.

[5]) z. B. Krupps V 2 A mit 0,38 C, 0,63 Si, 0,34 Mn, 19,34 Cr, 6,85 Ni, 0,14 Cu.

Mengenmesser für strömende Flüssigkeiten und Gase.

Von Baurat Ing. Otto Böhm, Wien.

Die Hübe der Mündungsmesser ergeben quadratische Maßgrößen, aus denen bei dem Zelenkaschen Meßgerät mittels mechanischer, aus Wälzhebeln bestehender Linearübersetzung die Wurzeln gezogen werden. Die Berichtigung beim Messen von Mitteln veränderlichen Druckes wird von Zelenka in der Art bewirkt, daß die Querschnittfläche des Schwimmergefäßes selbsttätig dem sich ändernden Drucke verhältnisgleich geändert wird.

Für eine wirtschaftliche Betriebführung von Dampfkraftanlagen sind Dampfmesser von großer Wichtigkeit. Ihre Meßgenauigkeit schwankte bisher durchschnittlich in den Grenzen von 5 vH. Der im folgenden beschriebene Dampfmesser von Dipl.-Ing. O. Zelenka hat demgegenüber eine Meßgenauigkeit von ± 1 vH bei einwandfreier Meßanordnung. Er eignet sich für die Messung von strömenden Flüssigkeiten, Gasen und Dämpfen.

Die Grundlagen des Meßvorgangs sind folgende: Die durch einen Querschnitt f (m²) in der Zeiteinheit strömende Dampfmenge G vom spezifischen Gewicht γ (kg/m³) beträgt:

$$G = k f \sqrt{2 g \gamma (p_1 - p_2)} \ \text{kg/s} \quad \ldots \quad (1),$$

worin k die Ausflußzahl, g die Erdbeschleunigung, p_1 und p_2 den durch verengten Querschnitt verursachten Druckabfall in kg/cm² bedeuten.

Wenn man für γ einen Mittelwert einsetzt, was bei Flüssigkeiten ohne weiteres und bei Gasen und Dampf bei annähernd unveränderlichem Druck und wenig schwankender Temperatur zulässig ist, vereinfacht sich Gl. (1) und ergibt, daß die durchströmende Menge dem Produkte $f \sqrt{p_1 - p_2}$ verhältnisgleich ist. Strömt nun das zu messende Mittel durch eine in die Rohrleitung eingebaute Verengung (Mündung oder Düse) von stets gleichem Querschnitt f (Mündungsmesser), so wird der Druckunterschied $p_1 - p_2$ für die Menge des Mittels maßgebend sein.

Unter Annahme des gleichbleibenden spezifischen Gewichtes ist also bei Mündungsmessern die Wurzel aus dem erzeugten Spannungsabfall $p_1 - p_2$ zu ziehen. Der Konstrukteur eines Mündungsmessers steht also vor der Aufgabe, einen Druckunterschiedmesser so auszubilden, daß seine Ausschläge den Wurzeln aus den Druckunterschieden verhältnisgleich werden.

Es lag anfänglich nahe, die beiden verschiedenen Drücke auf nachgiebige Körper, wie Membrane, Flüssigkeitssäulen, wirken zu lassen und durch die auf diese Weise entstehenden Ausschläge den Druckunterschied zu messen. Die erste praktische Ausführungsform eines Quecksilber-Druckunterschiedmessers stellte Gehres anzeigender Dampfmesser dar, der später von Hallwachs zu einem schreibenden Dampfmesser für unveränderlichen Druck ausgebildet worden ist. Hier werden in dem einen der beiden Glasrohrschenkel durch Widerstände verbundene Platinkontakte eingeschlossen, und der Widerstand des Quecksilbers wird elektrisch integriert.

Schon früher hatte Gehre, der sich überhaupt um die Dampfmessung sehr verdient gemacht hat, einen Quecksilber-Druckunterschiedmesser konstruiert, dessen Hauptbestandteil, eine in Quecksilber tauchende Glocke, durch eine nach quadratischem Biegungsgesetz abgestützte Feder belastet wurde, Abb. 1. Hierdurch wurde der Hub der unter dem Einfluß des Druckunterschiedes stehenden Glocke dem Ausdruck $\sqrt{p_1 - p_2}$ verhältnisgleich gemacht. Da die Feder infolge der Schwankungen des Druckunterschiedes bald ermüdete, konnte sich aber diese Art des Wurzelziehens nicht bewähren.

Eine neuere Konstruktion Gehres, die nach mehrfachen Verbesserungen zu den meist verbreiteten Dampfmessern in der ganzen Welt gehört, besteht im wesentlichen aus einem feststehenden Quecksilberkasten und einem mit diesem kommunizierenden, auf Federn schwingend aufgehängten Horn, dessen Form so gewählt ist, daß seine durch Hineindringen des Quecksilbers entstehende und zum Aufzeichnen benutzte Senkung den Wurzelwerten der Spiegelabstände verhältnisgleich ist.

Bei den Dampfmessern der Bailey Meter Co., von Siemens & Halske u. a. wurde dieses Verfahren in der Art umgekehrt, daß zwei feststehende, mit Quecksilber gefüllte kommunizierende Gefäße vorgesehen sind, in deren einem ein eiserner Schwimmer zufolge entsprechender Formgebung eines der beiden Gefäße Hübe macht, die dem Ausdrucke $\sqrt{p_1 - p_2}$ verhältnisgleich sind.

Daß aber bei allen bisher verwendeten Konstruktionen das geradlinige Verhältnis in der Nähe des Nullpunktes unerreichbar ist, lehrt folgende einfache Überlegung: Gemäß Abb. 2 müssen die folgenden Forderungen erfüllt werden:

$$y = k \sqrt{x + y} \qquad F_1 \, dx = F_2 \, dy.$$

Aus der ersten Gleichung folgt:

$$dy = \frac{k (dx + dy)}{2 \sqrt{x + y}} \quad \text{oder} \quad dy = \frac{k \, dx}{2 \sqrt{x + y} - k}.$$

Dieser Wert ergibt, in die zweite Gleichung eingesetzt:

$$F_1 = F_2 \frac{k}{2 \sqrt{x + y} - k} \quad \ldots \ldots \quad (2)$$

Mit abnehmendem Druckunterschied $(x + y)$ wird F_1 größer; in der Nähe des Nullpunktes, und zwar bei $(x + y) = k^2/_4$, wird $F_1 = \infty$, für den Nullpunkt selbst, $(x + y) = 0$, wird $F_1 = - F_2$. Hier können also die Angaben der erwähnten Geräte nicht linear gemacht werden, man muß vielmehr zur quadratischen Darstellung Zuflucht nehmen. Daher ist in der Beschreibung des Dampfmessers von Siemens & Halske aus-

Abb. 1. Federabstützung beim Quecksilber-Druckunterschiedmesser von Gehre.

Abb. 2. Schema für die Hub-Wurzelziehung durch Formgebung.

Abb. 3. Schema der Zelenkaschen Linienübersetzung.
S_a, S_b Achsen a, b Wälzhebelpaar

Abb. 4. Dampfmengenmesser von Zelenka.

Abb. 5. Dampfmengenmesser von Zelenka.

Abb. 6. Unterer Teil der Eichkurve des Dampfmengenmessers von Zelenka.

Abb. 7. Unterer Teil der Eichkurven bei bisher gebräuchlichen Dampfmessern.

drücklich darauf hingewiesen, daß „die durch die besondere Form des Meßgefäßes bewirkte Umsetzung in ein lineares Verhältnis erst bei ¼ bis ⅓ der größten Dampfmenge wirksam" wird. Die Einteilung des zum Aufzeichnen vorgesehenen Streifens ist daher bis ⅓ der größten Dampfmenge quadratisch.

Bei der Zelenkaschen Linearübersetzung kommt demgegenüber der quadratische Hub des Quecksilbers in einem von zwei zylindrischen, also unschwer genau herzustellenden Gefäßen zustande, und die Wurzel wird durch die folgende mechanische Übertragung gezogen. Die vom Schwimmer und Hebel abgeleitete Drehbewegung der Achse S_a, Abb. 3, wird mittels eines Wälzhebelpaares a, b auf eine zweite Achse S_b im Abstand e übertragen. Die beiden Wälzkurven sind rechnungsmäßig sehr einfach zu bestimmen. Bedeuten α und β die Verdrehungswinkel der Achsen S_a und S_b aus der Nullage, so ist der Bedingung

$$\beta = k\sqrt{\alpha} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

zu genügen. In einem zu den Winkeln α und β gehörigen Punktpaar m, n ist das Übersetzungsverhältnis

$$\frac{r_\alpha}{r_\beta} = \frac{d\beta}{d\alpha}.$$

Nach Gl. (3) ist $\frac{d\beta}{d\alpha} = \frac{k}{2\sqrt{\alpha}}$, wonach

$$r_\alpha = \frac{k\,e}{k + 2\sqrt{\alpha}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (4a),$$

$$r_\beta = \frac{e - 2\sqrt{\alpha}}{k + 2\sqrt{\alpha}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (4b).$$

Im Nullpunkt nähert sich also, wie leicht zu berechnen ist, r_α der Achsenentfernung e, und r_β wird null; diese Werte werden im Anfangspunkt bei $\alpha = 0$ und $\beta = 0$ auch erreicht. Damit kann die Wurzel auch bei Beginn der Bewegung mit weitgehender Genauigkeit gezogen werden. Die lineare Bewegung des Hebels b wird unmittelbar zum Aufzeichnen auf eine Schreibtrommel, zur Anzeige auf einem Zifferblatt oder zum Betätigen eines Zählwerkes verwendet.

Abb. 4 und 5 zeigen zwei Ausführungsformen dieses von der Apparatebauanstalt Ing. Hans Klinkhoff, Wien, seit längerer Zeit hergestellten Gerätes[1]), die sich durch kleine Abmessungen und geringes Gewicht auszeichnen, wodurch sie auch für vorübergehende Messungen auf Reisen und für Übergabeversuche verwendbar sind.

In Abb. 6 ist der untere Teil der Eichkurve der in Rede stehenden Geräte und in Abb. 7 die eines bisherigen Dampfmessers dargestellt. In beiden Fällen ist H bis 1000 mm W.-S., h entsprechend bis 100 mm W.-S. ergänzt zu denken. Ein Vergleich läßt den oben erwähnten Unterschied im Verhalten in der Nähe des Nullpunktes, das heißt ein weit früheres Ansprechen sowie ein richtiges Wurzelziehen schon etwa bei $^1/_{10}$ der größten Durchflußmenge deutlich erkennen; ein Unterschied in den Eichkurven für Auf- und Abwärtsgang ist beim „Z"-Messer nicht feststellbar.

[1]) DRP Nr. 380 213.

Abb. 8. Membrandose.

Selbstverständlich kann die beschriebene Wälzhebeleinrichtung auch bei Druckunterschiedmessern jeder Art angewendet werden, wenn es sich um ähnliche Fälle handelt. So z. B. stellt Abb. 8 eine Membrandose vor, die innen unter dem Druck p_1 vor dem Meßflansch, außen unter dem Druck p_2 hinter dem Meßflansch steht; die Hubbewegung der Dose wird in eine Winkelbewegung eines Hebels verwandelt, aus deren Werten sodann durch das Wälzhebelpaar die Wurzel gezogen wird.

Die eingangs gemachte vereinfachende Annahme, daß sich das spezifische Gewicht des Dampfes bei stets gleichem Drucke nicht ändert, trifft selbstverständlich nur selten zu, weshalb sich das Bedürfnis nach Dampfmessern geltend macht, die die von den Druckschwankungen herrührenden Änderungen des spezifischen Gewichtes selbsttätig berücksichtigen [Gl. (1)]. Das zu diesem Zwecke von Gehre hergestellte, sehr sinnreiche Multiplikationsgetriebe wurde von andern Dampfmesserkonstrukteuren mehr oder weniger unverändert übernommen, so daß wir es heute bei fast allen Mündungs- und Ventil-Dampfmessern mit Druckberichtigung — von denen mit elektrischer Schreibvorrichtung und Zählung abgesehen —, wiederfinden. Seiner Bauart und Wirkungsweise liegt der Gedanke zugrunde, den ursprünglich einfachen Schreibhebel doppelarmig, und zwar mit verschiebbarem Drehpunkt, auszubilden. Sein Zapfen wird durch eine von einem Federmanometer bewegte Schubkurve derart verschoben, daß sich der Schreibfederausschlag mit $\sqrt{\gamma}$ verändert. Diese Druckberichtigung wird von Gramberg in seinem Werke „Technische Messungen" eingehend behandelt. Ihr Nachteil ist die Veränderung der Schwingungsbahn des Schreibstiftes, die infolge Veränderlichkeit seines Hebelarmes von den auf dem Diagrammpapier vorgezeichneten Zeitbogen abweicht.

Beim „Z"-Apparat ist die Schwierigkeit der Druckberichtigung, nämlich die Multiplikation des schon umgeformten Zeigerausschlages mit $\sqrt{\gamma_n}$ (wobei γ_n das spezifische Gewicht bedeutet, für das die Messung richtiggestellt werden soll) umgangen, indem sozusagen schon unter dem Wurzelzeichen die Hubgröße linear berichtigt wird. Mathematisch ausgedrückt erfolgt der Rechnungsvorgang $\sqrt{(p_1 - p_2)\gamma_n}$ an Stelle von $\sqrt{p_1 - p_2}\,\sqrt{\gamma_n}$. Das Wälzhebelpaar zieht dann die Wurzel aus dem berichtigten Hube, so daß eine nachträgliche Berichtigung des Zeigerausschlages mit allen sich ergebenden Nachteilen entbehrlich wird. Länge und Drehpunkt des Schreibhebels bleiben unverändert, so daß die von dem Schreibstift beschriebenen Bogen bei jedem Druck mit den wegen des verhältnismäßig großen Halbmessers ohnehin schlanken Bogenordinaten übereinstimmen.

Ist γ das bisher unveränderlich gedachte spezifische Gewicht des Dampfes, das der Ausmittelung des Meßergebnisses bei dem oben besprochenen Dampfmesser für unveränderlichen Druck zugrunde gelegt wurde, h_1 die Senkung des Quecksilberspiegels F_1, h_2 der Hub des Hg-Spiegels F_2 im Schwimmergefäß, Abb. 9; ist ferner h_1' die Senkung, h_2' der Hub des Quecksilbers beim spezifischen Gewichte γ_n, Abb. 10, so ist die Bedingung zu erfüllen

$$h_2' = h_2 \frac{\gamma_n}{\gamma} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (5).$$

Abb. 9. Kommunizierende Quecksilbergefäße beim spezifischen Gewicht γ, das der Ermittlung des Meßergebnisses zugrunde gelegt wurde.

h_1 Senkung des Quecksilberspiegels F_1
h_2 Hebung des Quecksilberspiegels F_2.

Abb. 10. Kommunizierende Quecksilbergefäße beim spezifischen Dampfgewicht γ_n, für das die Messung richtiggestellt werden soll.

h_1' Senkung des Quecksilberspiegels F_1.
h_2' Hebung des Quecksilberspiegels F_2.

Abb. 11. Skizze für die Ausführung der Druckberichtigung.

k rechteckiger Kolben *m* Federmanometer *z* an das Schwimmergefäß angebauter Hohlkörper.

Abb. 12. Zahnkurventriebe.

Abb. 13. Schema des Membran-Druckunterschied- oder Dampfmengenmessers.

a Kasten
b Membranbatterie
c Winkelhebel
d Stange
e_1, e_2, e_3 Rollen
f Schlitten
g_1, g_2 Drehachsen
h_1, h_2 Hebel
i Übergewicht
k Federmanometer
p_1 Innendruck
p_2 Außendruck.

Hierbei sei $\gamma_n < \gamma$, so daß die Berichtigung in einer Multiplikation mit einer Zahl kleiner als 1 zum Ausdrucke kommt.

Da zwischen den Querschnitten der kommunizierenden Gefäße und den Verschiebungen der Quecksilberspiegel die Beziehungen herrschen müssen

$$F_1 h_1 = F_2 h_2 \quad . \; . \; . \; . \; (6a)$$

und

$$F_1' h_1' = F_2' h_2' \quad . \; . \; . \; (6b),$$

so müssen die dem Quecksilber im Schwimmergefäß dargebotenen Flächen größer werden, wenn der Schwimmerhub (h_2') kleiner werden soll.

Die konstruktive Möglichkeit zur Vergrößerung der Fläche des Schwimmergefäßes wird nun bei der Zelenkaschen Ausführung erreicht durch Verschieben eines rechteckigen Kolbens *k*, Abb. 11, in einem an das Schwimmergefäß senkrecht zur Schwimmerachse angebauten Hohlkörper *z* mittels des Federmanometers *m*. Die Größe der erforderlichen Flächenvergrößerung $V = F_2' - F_2$ ergibt sich aus Gl. (6a) und (6b) unter Berücksichtigung von

$$h_1 + h_2 = h_1' + h_2' \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (7)$$

und schließlich nach Einsetzen von h_2' aus der Bedingungsgleichung (5) mit

$$V = (F_1 + F_2)\left(\frac{\gamma}{\gamma_n} - 1\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (8).$$

Zwecks selbsttätiger Einstellung der jeweilig erforderlichen Vergrößerung V durch das Federmanometer sind die spezifischen Gewichte durch die absoluten Dampfdrücke, also γ durch $a\,p$ und γ_n durch $a_n\,p_n$ und die Drücke selbst wieder durch die den Überdrücken verhältnisgleichen Federwege zu ersetzen. Ist der Federhub bei $(p-1)$ at s mm, $(p_n - 1)$ at s_n mm, ferner für je 1 at $\frac{s}{p-1} = z$ mm, so ergibt sich der Hub H des Kolbens (dessen Breite b ist) aus Gl. (8) mit

$$H = \frac{V}{b} = \frac{F_1 + F_2}{b}\left[\frac{a\,(s+z)}{a_n\,(s_n+z)} - 1\right] \quad . \; . \; . \; . \; . \; (9).$$

Die Art der Übertragung des Federhubes auf den Kolbenhub ist aus dem jeweiligen Übersetzungsverhältnis zwischen H und s_n zu ersehen, das sich durch Bildung des Differentialquotienten von H nach s_n mit

$$\frac{d\,H}{d\,s_n} = \frac{F_1 + F_2}{b}\,\frac{a\,(s+z)}{a_n\,s_n^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (10)$$

ergibt und beispielsweise durch die beiden Zahnkurventriebe I und II, Abb. 12, hergestellt werden kann, deren Ausbildung der vorstehenden Beziehung entspricht. Zelenka schaltet mit Vorteil ein beispielsweise mechanisch oder elektrisch ansprechendes Relais ein, das den Einfluß von Reibungswiderständen bei der Bewegung des Federmanometers im Hohlkörper *z* ausschaltet.

In gleich einfacher Weise erfolgt die Druckberichtigung bei dem in Abb. 13 angedeuteten Membran-Druckunterschied- oder Dampfmengenmesser. Die Hubrichtung der in dem Kasten *a*, Abb. 13, eingeschlossenen, innen dem Druck p_1, außen dem Druck p_2 ausgesetzten Membranbatterie *b* wird mittels eines Winkelhebels *c* um 90° gedreht. Mit Stange *d* sind die beiden Rollen e_1 verbunden, die einen Schlitten *f* mit der Rolle e_2 tragen. Der um die Achse g_1 drehbare Hebel h_1 legt sich vermöge des Übergewichtes *i* an die Rolle e_2, so daß seine Winkelbewegung den Längsbewegungen der Stange *d* und damit dem Quadrat der Dampfmenge verhältnisgleich wird. Die Wurzel wird wieder durch das auf die Achsen g_1 und g_2 aufgesetzte und in Abb. 13 nicht eingezeichnete Wälzhebelpaar gezogen, der auf der Achse g_2 sitzende Schreibhebel h_2 macht also lineare Bewegungen.

Die Druckberichtigung geschieht auch in diesem Falle vor dem Wurzelziehen durch Verschieben des Schlittens *f* und der Rolle e_2 je nach dem Druck p_1 mittels des Federmanometers *k*. Wird z. B. der Druck und das spezifische Gewicht des Dampfes größer, so wird die Entfernung des Auflagepunktes des Hebels h_1 vom Drehpunkt g_1 kleiner; dadurch wird bei demselben Hub der Membran und der Stange *d* der Winkelausschlag größer und damit γ in Gl. (1) berücksichtigt.

Bezeichnet l die Länge des Hebels h_1 (vom Drehpunkt g_1 bis zur Auflage e_2) beim (höchsten) Druck p, l_n seine Länge bei einem beliebigen niedrigeren Druck p_n und werden auch hier die spezifischen Gewichte γ und γ_n durch $a\,s$ und $a_n\,s_n$ ersetzt, so gilt

$$l : l_n = a\,s : a_n\,s_n$$

und daraus die Verlängerung

$$u = l_n - l = l\left(\frac{a_n\,s_n}{a\,s} - 1\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (11).$$

Das veränderliche Übersetzungsverhältnis zwischen Hebelverlängerung u und Manometerhub s_n ergibt der Differentialquotient

$$\frac{d\,u}{d\,s_n} = \frac{l\,a_n}{s\,a} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (12)$$

Das ergibt einen Zahnkurventrieb, der wegen des sehr geringen Unterschiedes zwischen a und a_n von einem

kreisförmigen Stirnrädertrieb nur sehr wenig verschieden ist und aus diesem Grunde wegen der sich daraus ergebenden durchaus zulässigen Annahme $\frac{d u}{d s_n} =$ konst. durch einen Doppelhebel wie in Abb. 13 ersetzt werden kann.

Der Vollständigkeit halber möge an dieser Stelle noch erwähnt werden, daß die Verwendung des oben beschriebenen Wälzhebelpaares an Druckunterschiedmessern naturgemäß nur ein Beispiel für ein viel ausgedehnteres Anwendungsgebiet ist, das alle Fälle von mechanischem Wurzelziehen und umgekehrt der Potenzierung mit beliebigem Exponenten umfaßt.

Die Zelenkasche Linearübersetzung sowie die selbsttätige Druckberichtigung lösen die Aufgabe verläßlichster Betriebüberwachung und machen die Geräte für wissenschaftlich einwandfreie Ermittelungen brauchbar. Die Neuerungen werden voraussichtlich den Bau der Mengenmesser beeinflussen. [B 580]

Turbobläser bei Schleppern.

Im Frühjahr 1925 sind fünf Kanalschlepper vom Monopol-Schleppbetrieb des Elbe — Trave-Kanals mit Turbobläsern, Patent Professor Haß[1]), ausgerüstet worden. Die Kessel hatten vorher einen natürlichen, durch Witterung beeinflußten Zug von ungefähr 4 mm W.-S., der nicht ausreichte, schwerere Kohle, im allgemeinen westfälische Kohle, einigermaßen wirtschaftlich zu verbrennen. Es mußten vielmehr gute englische Stückkohlen verfeuert werden, mit denen dann in der Maschine eine Dauerleistung von nur 120 bis 145 PS_i bei 45 vH Füllung gehalten werden konnte, während die Maschinen für 180 PS_i gebaut waren. Mit dem vorhandenen natürlichen Zuge konnten nicht genügend Kohlen auf dem Rost von 2,3 m^2 Fläche verbrannt werden, um den erforderlichen Dampf für 180 PS_i zu erzeugen. Bei backigen Kohlen war eine dreistündliche Feuerreinigung nicht zu umgehen, und die Maschinenmannschaft war besonders an heißen Sommertagen stark beansprucht. Der Kohlenverbrauch war infolge schlechter Verbrennung und Verschlackung sehr groß.

Da für die geringen Größenverhältnisse früher keine brauchbaren mechanischen Gebläse zu haben waren, wurde eine Zugverstärkung durch Dampfbläser versucht. Diese Bläser verbrauchten aber so viel Dampf, daß sie nur gelegentlich benutzt wurden, wenn die Witterung zu ungünstig war. Das erste für kleine Einheiten brauchbare Gebläse war das von Prof. Haß, ein Saugzugbläser, der in den Rauchfang innerhalb eines tunnelartigen Kastens eingebaut ist. Zwar sind schon vorher Turbogebläse im Handel gewesen, aber diese hatten einen zu großen Dampfverbrauch, wodurch der Vorteil der besseren Brennstoffausnutzung wieder aufgehoben wurde.

Mit den Haßschen Turbobläsern wird bei den Dampfern für den Elbe — Trave-Kanal gewöhnlich ein Kesselzug von 8 bis 12 mm, rd. 10 mm W.-S. gehalten, also ein Zug, der für den Kessel auf keinen Fall schädlich wirken kann. Da die Verbrennung der Kohle auf dem Rost bei dieser Zugstärke aber erheblich stärker ist, konnte die Rostfläche durch Abdeckung auf 1,8 m^2 verkleinert werden, wonach die Rauchentwicklung geringer, also die Verbrennung vollkommener wurde. Außerdem konnte die Temperatur der Abgase im Schornstein durch Anwendung besonderer Temperaturregler (Retarder) in den Siederohren um 40 bis 50 °C heruntergedrückt werden.

Die Wirkung des Turbobläsers, der Temperaturregler und der Rostverkleinerung ist auf mehreren Versuchsfahrten mit dem Schlepper „Attendorn" untersucht worden; die Ergebnisse sind in Zahlentafel 1 zusammengefaßt.

Der verhältnismäßig große Dampf- und Kohlenverbrauch ist besonders auf zu große Kondensationsverluste der vor 26 Jahren konstruierten Maschine zurückzuführen. Die Versuchsergebnisse sind durch die Ergebnisse bei den regelmäßigen Schleppfahrten bestätigt worden. [N 835]

Lübeck. H. Wildegans, Oberingenieur.

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 365.

Betrachtungen über Ventilströmungen.

Die überaus zahlreichen Versuche über Ventile haben in letzter Zeit eine grundlegende Erweiterung erhalten durch eine Arbeit von Schrenk[1]), der zum ersten Male die Strömung sichtbar machte und hierbei die schon von Klein vermutete Tatsache feststellte, daß sich im Ventil je nach der Hubhöhe verschiedene Strömungszustände einstellen: so z. B. für Ebensitzventile bei kleinen Hubhöhen plötzliches Abschwenken in einen freien Strahl. Berechnungen zeigen, daß ein einfaches Ebensitzventil physikalisch drei Strömungsarten zuläßt, die nach der von Kirchhoff ausgebildeten Theorie der Diskontinuitätsfläche der Rechnung zugänglich sind. Die beim freien Strahl auftretende Kontraktion hat als oberen Wert $\frac{\pi}{\pi + 2}$, der Druckabfall nimmt hyperbolisch ab, während die Spaltgeschwindigkeit ziemlich linear zunimmt. Beim anliegenden Strahl, der — wie auch leicht erklärlich — mangels einer Kontraktion einen kleineren Widerstand hat und durch geeignete Formgebung in der Praxis anzustreben ist, ergeben sich bei gewissen Hubhöhen Instabilitäten, die teils durch den Einfluß der Grenzschicht, teils durch den Kraftverlauf auf den Ventilteller zu erklären sind. Bei Kegelventilen sind die Verhältnisse wesentlich verwickelter, bei ihnen hat Schrenk[1]) mindestens fünf verschiedene Strömungen festgestellt. Eine ausführliche Abhandlung über dieses Thema von Dr.-Ing. Eck ist in dem demnächst erscheinenden Ergänzungsheft „Technische Mechanik" dieser Zeitschrift enthalten. [N 910]

Wärmeübergang und Druckverlust in Rohrschlangen.

Während der Wärmeübergang und Druckverlust strömender Gase in geraden Rohren in einer großen Anzahl wissenschaftlicher Arbeiten untersucht worden ist, findet sich über den Wärmeübergang und Druckabfall in gekrümmten Rohren, wie sie vielfach für Heiz- und Kühlzwecke benutzt werden, fast nichts im technischen Schrifttum. Neuerdings wurden daher von Dr. Jeschke bei der Deutschen Maschinenfabrik in Duisburg planmäßige Versuche zur Klärung der Abhängigkeit des Wärmeübergangs und Druckverlustes vom Durchmesserverhältnis $\frac{D}{d}$, durchgeführt, wo D den Krümmungsdurchmesser und d den Rohrdurchmesser bedeutet, durchgeführt. Die Versuchsergebnisse ließen sich durch verhältnismäßig einfache Gleichungen darstellen. Für den Praktiker wird die Berechnung der Wärmeübergangzahl in gekrümmten Rohren durch ein Diagramm wesentlich erleichtert, das die Ermittlung dieses Beiwertes durch einfaches Ziehen eines Linienzuges ermöglicht. Eine ausführliche Abhandlung mit Versuchsergebnissen bringt das demnächst erscheinende Ergänzungsheft „Technische Mechanik" dieser Zeitschrift. [N 926]

[1]) Forschungsarb., herausgegeben vom V. d. I., Heft 272.

Zahlentafel 1. Ergebnisse von Versuchen über den Einfluß von Bläsern, Temperaturreglern und Rostabdeckung.

Tag	Zyl.-Füllung vH	Schleppzug kg	Geschwindigk. m/s	Schleppleistung PS	Kohlenart	Bläser Temperaturregler Abdeckung	Schornsteinzug mm W.-S.	Schornsteintemp. °C	Uml./min	PS_i	Speisewasser °C	Speisewasser kg/h	Speisewasser kg/PS_ih	Kohlen kg/h	Kohlen kg/PS_ih	Ersparnis vH
2. 4.	45	1450	1,0234	19,8	engl.	ohne	3 bis 4	340	140	118				171	1,45	0
2. 4.	55	1900	1,176	29,8	„	mit Bläser	10	360	161	170				210,8	1,24	14,5
6. 4.	45	1350	1,315	23,67	westf.	ohne	3 bis 4	320	142	120				158,8	1,32	9
6. 4.	55	1600	1,54	33	„	mit Bläser	10	350	162	172				200	1,16	20
15. 4.	55	1650	1,65	36,3	„	ohne Temp.-Regl. mit Bläser	12	360	165	176	80	1689	9,60	200	1,14	21,3
15. 4.	55	1650	1,65	36,3	„	mit Temp.-Regl. „ Bläser	12	320	168	181	80	1670	9,23	204,5	1,13	22
5. 5.	55	1600	1,44	36,7	„	mit Temp.-Regl. „ Bläser „ Abdeckung	10 bis 12	310	163	178	80	1623	9,12	197,5	1,11	23,4

Messungen bei Explosionen mit Nutzanwendung auf den Bergbau.

Vorgetragen auf der Tagung anläßlich der Kölner Sonderausstellung „Das Meßgerät“ vom 23. September bis 2. Oktober 1925.

Von Dr. F. Ritter, Oberregierungsrat in der Chemisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin.

Der Explosionsvorgang und seine meßtechnische Erfassung. — Wesen und Größe der entstehenden Erd- und Luftschwingungen. — Lehren aus den Forschungsergebnissen.

Die Erscheinungen einer Explosion beobachtet man, wenn eine hochgespannte Gasmenge plötzlich frei wird. Eine solche Gasmenge von hohem Druck und hoher Temperatur ist unmittelbar nach der Detonation eines Sprengstoffes vorhanden, wenn die gasförmigen Zerfallprodukte im wesentlichen noch das Volumen des festen Sprengstoffes haben. Der entstandene Gasball, der an der Erdoberfläche liegen soll, dehnt sich schnell aus, schiebt die vor ihm liegenden Luftteilchen unter starker Verdichtung vor sich her und gibt so zur Bildung einer halbkugeligen Verdichtungswelle in der Atmosphäre Anlaß. Wegen ihrer hohen Geschwindigkeit schießen Gas- und Luftteilchen über ihre Gleichgewichtslage hinaus, und deshalb folgt unmittelbar auf die Verdichtungswelle eine Verdünnungswelle. Die Gesamtwelle hört man als Knall. Abb. 1 zeigt den zeitlichen Druckverlauf in der Knallwelle bei verschiedenen Abständen vom Sprengherd, aufgenommen bei einer Sprengung von 1000 kg Sprengstoff.

Bei der plötzlichen Ausdehnung des Gasballs erhält auch die Erdoberfläche einen Stoß. Da die Erde nicht nur, wie die Luft, Volumenelastizität, sondern auch Formelastizität hat, dringt in die Erde außer einer Verdichtungswelle noch eine Scherungswelle ein. Außerdem entstehen Oberflächenwellen als Querschwingungen der festen Erdrinde. Weil ferner die in der Luft fortschreitende Knallwelle als Halbkugel auf der Erdrinde steht, werden längs des Schnittkreises neue Erdwellen erregt, die ihrerseits wieder Luftwellen erzeugen. In größerem Abstand vom Sprengherd werden die zu beobachtenden Erscheinungen dadurch verwickelt, daß weder die Erde noch ihre Lufthülle gleichmäßig zusammengesetzt ist und deshalb die durch die Explosion hervorgerufenen Störungen in ihrem weiteren Verlauf nicht immer auf geradlinigen Strahlen fortschreiten, sondern Brechungen und Spiegelungen erfahren. Gerade diese Erscheinungen haben aber in letzter Zeit besondere wissenschaftliche und praktische Bedeutung erlangt, weil sie zur Erforschung von Grenzflächen in der Erdrinde und der Lufthülle dienen können.

Abb. 1. Zeitlicher Druckverlauf in der Stoßwelle einer 1000 kg-Sprengung in verschiedenen Abständen (500 bis 2500 m) vom Sprengherd.

Erdwellen.

Unter dem Einfluß der in der Erde verlaufenden Wellen macht ein Punkt der Erdoberfläche schwingende Bewegungen, die man in drei zu einander senkrechte Komponenten zerlegen kann. Zwei davon legt man in die wagerechte Ebene, die dritte senkrecht. Es ist möglich, die Komponenten einzeln zu messen und dadurch die ganze Erdbewegung zu bestimmen, wenn man einen Körper hat, der die Erdbewegung nicht mitmacht. Als solchen benutzt man zum Messen der wagerechten Komponenten ein pendelnd aufgehängtes oder aufgestelltes Gewicht, zum Messen der senkrechten Komponente ein an einer Feder hängendes Gewicht. Die Verschiebung des Gewichts gegen den mit dem Erdboden durch die Geräteteile festverbundenen Aufhängepunkt entspricht der Erdbewegung und kann, mechanisch oder optisch vergrößert, auf einem fortbewegten Papierstreifen aufgezeichnet werden. Solche Geräte heißen Seismographen. Abb. 2 bis 4 stellen einfache Seismographen zur Bestimmung der wagerechten oder senkrechten Komponenten dar.

Abb. 5 zeigt die Ost-West-Komponente der durch die Oppauer Explosion (in dem Werk der Badischen Anilin- und Sodafabrik) am 21. September 1921 in 58 km Abstand in Durlach (Baden) hervorgerufenen Erderschütterung in 520facher Vergrößerung. Man erkennt Vorläufer und Haupterschütterung[1]). Abb. 6 stellt die nach dem Sprengherd gerichtete wagerechte Komponente der Bodenbewegung in trockenem Sandboden dar, die durch die Sprengung von 1500 kg eines auf dem Erdboden liegenden Sprengstoffes hervorgerufen wurde (aufgenommen von O. Hecker 1897). Die rechte Zahlenreihe gibt die Entfernung vom Sprengherd an, die linke die in diesen Entfernungen gemes-

[1]) Aus Veröffentlichungen der Hauptstelle für Erdbebenforschung in Jena 1922 Heft 2.

Abb. 2. Einfacher Wagerechtseismograph mit Rußschreiber nach E. Wiechert, gebaut von Spindler & Hoyer, Göttingen.

Abb. 3. Wagerechtseismograph für schnelle Bodenbewegungen nach Wiechert-Mintrop, mit umgekehrtem Pendel und 50 000facher mechanisch-optischer Vergrößerung, gebaut von Spindler & Hoyer, Göttingen.

Abb. 4. Einfacher Senkrecht-seismograph nach E. Wiechert, gebaut von Spindler & Hoyer, Göttingen.

senen größten Bodenbewegungen. Die Kurven zeigen den zeitlichen Verlauf der Haupterschütterung in den rechtsstehenden Abständen vom Sprengherd. Die Bodenbewegung ist in trockenem Sand anfangs verhältnismäßig groß, stirbt aber bald ab. In Fels ist die Bodenbewegung umgekehrt anfangs verhältnismäßig klein und nimmt langsam ab. In wasserdurchtränktem Sand ist die Bodenbewegung anfangs groß und wird besser als in Fels fortgeleitet. Aber auch in diesem Falle reicht bei Oberflächensprengungen die zerstörende Wirkung der Erdwellen nicht so weit wie die der Knallwelle. Diese Verhältnisse können sich bei Tiefensprengungen ändern, weil hier der auf die Erde übertragene Anteil der Sprengstoffenergie auf Kosten der Knallwelle erheblich anwächst.

Werden mit wachsendem Abstand vom Seismographen nacheinander mehrere Sprengungen ausgeführt, so beobachtet man in den einzelnen Aufzeichnungen, daß dieselben Wellen zu verschiedenen Zeiten einsetzen und auch neue Wellen auftreten. Hieraus kann man nach Wiecherts Theorie der Erdbebenwellen die Tiefe von Grenzflächen und physikalische Festwerte der durchdrungenen Schichten angeben. Das Verfahren ist, soweit bekannt, zuerst von Mintrop praktisch benutzt worden, um von der Erdoberfläche aus Tiefe, Art und Mächtigkeit, sowie Streichen und Fallen von Gebirgsschichten und Lagerstätten festzustellen. Es ist ein wertvolles Hilfsmittel der praktischen Geologie und des Bergbaues, das schnell und billig Auskunft über Lagerungsverhältnisse geben kann und geeignet ist, geologische Arbeiten wirksam zu unterstützen. Abb. 7 und 8 erläutern eine Verbesserung der geologischen Karte durch seismische Feststellungen[1]). E. Wiechert wendet das Verfahren zur wissenschaftlichen Untersuchung der Erdrinde an und hat hierzu ein Senkrechtseismometer von 25×10^5 facher Vergrößerung konstruiert.

Luftwelle.

Die in der Luft entstehende Welle wird Stoßwelle, Druckwelle, Knall- oder Schallwelle genannt. Sie beginnt mit der Ausdehnung der zunächst im Volumen des festen Sprengstoffes zusammengedrängten gasförmigen Zerfallerzeugnisse. Der anfängliche Höchstdruck in der Stoßwelle hängt vom Druck an der Oberfläche des Sprengstoffes ab und ist von der Sprengstoffmenge unabhängig. Bei kleinen Sprengstoffmengen haben Hopkinson, Landon und Quinney versucht, diesen Druck dadurch zu messen, daß sie den Sprengstoff gegen ein Ende eines wagerecht aufgehängten Stahlstabes legten und die Geschwindigkeit maßen, mit der ein an das andere Ende lose angeklebtes Stahlstück abgeschleudert wurde. Der Druck ergab sich zu etwa 20 000 kg/cm². Bei größeren Sprengstoffmengen sind jedoch die ersten Phasen der Welle wegen der hohen Temperaturen und Drücke mechanischen Messungen und Aufzeichnungen nicht zugänglich.

Dagegen kann man durch elektrische Verfahren die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle leicht bestimmen und bei geeigneten atmosphärischen Bedingungen auch die Welle in ihrem Zusammenhang mit andern Erscheinungen der Explosion im Anfangszustand kinematographisch untersuchen. Die in der Welle verdichtete Luft wird nämlich sehr stark erhitzt, so daß Wassertröpfchen in der Verdichtungszone sofort verdampfen. Bei schwach nebeligem Wetter sieht man deshalb die Wellenfront hell auf minder hellem Grunde schnell forteilen. Abb. 9 bis 12 zeigen die etwas überhalbkugelige Stoßwelle, hervorgerufen durch eine 1000 kg-Sprengung an der Erdoberfläche. (Aufnahmen von C. P. Goerz, Berlin-Friedenau.) Die bei der Sprengung zu beobachtenden Erscheinungen haben nach kinematographischen Untersuchungen folgende Reihenfolge: 1. grell leuchtende Halbkugel mit kurzen Strahlen; 2. enteilende Stoßwelle, mit gleicher Geschwindigkeit an der Erdoberfläche sich bildende niedrige weiße Schicht (Dampf, Staub?), die die halbkugelige Welle unten abschließt; 3. Hervorbrechen von Schwaden senkrecht zu den früheren Flächen der festen Sprengladung, besonders stark nach oben; 4. Emporschleudern fester, namentlich dem Boden entstammender Wurfstücke, Ausbreiten der Schwaden in Form einer Pinie; 5. langsame weitere Ausbreitung und Verwehung durch den Wind.

Die Geschwindigkeit der Knallwelle ist nahe am Sprengherd außerordentlich hoch (mehrere 1000 m/s), geht dann aber um so schneller auf die normale Schallgeschwindigkeit zurück, je kleiner die Sprengstoffmenge ist. Auch bei sehr großen Sprengungen reicht die Zone der starken Überschallgeschwindigkeit, die mit der Zone der stark zerstörenden Wirkung etwa zusammenfällt, nicht über 200 bis 300 m. Eine scheinbare kleine Überschallgeschwindigkeit wird gewöhnlich längs der Wagerechten beobachtet, weil die Stoßwelle überhalbkugelig ist und ihr Mittelpunkt nicht im, sondern über dem Sprengherd liegt.

Im weiteren Verlauf kann man zunächst den Höchstdruck in der Stoßwelle bestimmen. Hierzu verwendet man Stempel in einem bis auf den Stempelquerschnitt allseitig geschlossenen Gehäuse, die beim Auftreffen des Druckes einen Kupferzylinder stauchen (nach Nobel), Abb. 13, oder eine Stahlkugel zum Teil in eine Unterlage von weichem Metall pressen (nach Brinell), ferner Dosen, die durch ein Bleiblech verschlossen sind, das durch den Druck eingebogen wird (Bolle), Abb. 14 bis 17, und andere Einrichtun-

Abb. 6. Nach dem Sprengherd gerichtete Wagerechtkomponente der Bodenbewegung bei einer 1500 kg-Sprengung in verschiedenen Abständen.

a höchste wagerechte Bodenbewegung
b Abstand vom Sprengort.

[1]) Aus Mitteilungen der Seismosgesellschaft, Hannover 1922.

Abb. 5. Wagerechte Ost-West-Komponente der durch die Explosion bei Oppau (Pfalz) in 58 km Entfernung hervorgerufenen Erdbewegung (520fache Vergrößerung).

a Einsatzstelle; der Maßstab bezeichnet den Bereich von 1 min.

gen. In noch weiterem Abstand vom Sprengherd ist es möglich, den zeitlichen Druckverlauf in der Stoßwelle aufzuzeichnen. Man verwendet frei in einem Gehäuse verschiebbare Stempel, die durch den Druck bewegt werden (Sébert), und erzielt die erforderliche genaue Zeitbestimmung in der Regel durch eine Stimmgabel, die ihre Schwingungen auf eine berußte Schreibfläche des Stempels aufträgt. Durch zweimaliges Differenzieren der erhaltenen Zeit-Weg-Kurve erhält man die Beschleunigung des Stempels und die auf ihn wirkende Kraft. Genauer arbeitet der in Abb. 18 schematisch dargestellte Apparat (Ritter), bei dem eine einen Kasten abschließende leichte Membran durch den Druck durchgebogen und die Bewegung ihrer Mitte, mechanisch vergrößert, auf eine berußte Trommel aufgetragen wird. Von einem Fallapparat werden mit Hilfe eines Schreibmagneten Zeitmarken aufgetragen, so daß mit einer Reihe solcher Aufzeichengeräte, die in verschiedenen Abständen aufgebaut und untereinander und mit dem Sprengherd durch elektrische Leitungen verbunden sind, Druckverlauf und Laufzeiten der Stoßwelle gleichzeitig gemessen werden können.

Für große Entfernungen werden gleichfalls Membranapparate (Ritter), oder Geräte, bei denen ein Teil der Kastenwand durch einen leicht beweglichen Kolben ersetzt ist (Kühl), benutzt. In beiden Fällen wird dann aber die Bewegung der Membranmitte oder des Kolbens optisch vergrößert und photographisch aufgezeichnet. Für die Aufzeichnung des Druckverlaufes der 10 000 kg-Sprengungen in der Courtine im Abstand von 1100 km wurde ein Membranapparat dadurch zuwege gebracht, daß die Durchbiegung der Fensterscheibe eines Zimmers mit Fühlhebel und Drehspiegel photographisch aufgezeichnet wurde (Ritter).

Wie Abb. 1 zeigt, steigt der Druck in der Stoßwelle plötzlich an, fällt langsam ab und wird negativ. Die Dauer des positiven Druckes ist kleiner, der Höchstwert größer als beim negativen Druck. Mit wachsendem Abstand vom Sprengherd flachen sich die Kurven ab und werden schließlich sinusartig. Bei der Sprengung in der Courtine am 15. Mai 1925 erhielten Dufour in 343 km, Ritter in 1100 km Abstand als zeitlichen Druckverlauf drei halbe gedämpfte Sinusschwingungen, die in beiden Fällen nicht hörbar waren. Die Kurven von Abb. 1 in Verbindung mit gleichzeitigen andern Messungen ergeben, daß der positive Höchstdruck der Stoßwelle im Abstand von 20 m bis 3000 m vom Sprengherd umgekehrt proportional der Entfernung abnimmt.

Witterung und Gelände können erhebliche Ausnahmen in der Fernwirkung veranlassen. Gegenwind erniedrigt, Mitwind erhöht die Fernwirkung. Sie wird zuweilen außerordentlich stark, wenn über der Erdoberfläche eine Schicht lagert, in der die Stoßwelle zusammengehalten wird, weil sie (besonders bei Temperaturumkehr) an der oberen Grenzfläche zurückgeworfen wird. Sehr starker Einfluß des Mitwindes ist oft dadurch zu erklären, daß er zur Bildung solcher örtlichen Schichten beiträgt. Die Fernwirkung ist besonders stark auf Gebäude, die auf einem Hang liegen, auf dem die Stoßwelle hinaufläuft. Wälle oder Baumbestand um ein explodierendes Sprengstofflager beeinflussen die Nahwirkung, aber nicht die Fernwirkung und können nur die innere Sicherheit von Fabrikanlagen erhöhen. Einzelne Zerstörungen von Gebäudeteilen (z. B. Schaufensterscheiben) in besonders großen Entfernungen kommen zustande, wenn die Eigenschwingungsdauern des zerstörten Teiles und der Stoßwelle in ein-

I a II b c 110m
I a II b c 260m

Abb. 7 und 8. Querprofil am Ostflügel des Salzgitterer Höhenzuges, Abb. 7 nach der geologischen Karte, Abb. 8 nach den seismischen Feststellungen.

a Diluvium *b* Emscher Mergel *c* Turon *I* Westen *II* Osten.

Abb. 13. Bestimmung des Höchstdruckes von Stoßwellen bei Explosionen. Stahlgefäß mit Stahlstempel, der einen Kupferzylinder staucht (Nobel).

RZ933Z.9u.10

Abb. 9 und 10. 1000 kg-Sprengung an der Erdoberfläche. Die enteilende Stoßwelle umgibt die Schwaden als sehr schnell größer werdende Glocke.

Abb. 14 und 15. Meßdosen mit Bleiblech (Bolle).

RZ933Z.11u.12

Abb. 11 und 12. 1000 kg-Sprengung an der Erdoberfläche. Die Stoßwelle hat die Photographenstellung überschritten und verdeckt die Schwaden nicht mehr.
Der zeitliche Abstand von Abb. 11 zu Abb. 12 ist der gleiche wie von Abb. 9 zu Abb. 10.

Abb. 16 und 17. Das vom Luftdruck durchgebogene Bleiblech einer Meßdose.

Abb. 19. Örtlicher Druckverlauf in einem Gang, in den eine Stoßwelle eintritt.
Die Zahlen sind Verhältnismaße für die Größe des Druckes.
a Sprengort 3 m vom Stolleneingang.

fachem Verhältnis stehen. Bei großem Energieüberschuß im positiven Teil der Stoßwelle zerbricht dieser ein Hindernis und schleudert die Bruchstücke in der Richtung vom Sprengherd fort (Fensterscheiben ins Zimmer). Reicht in größerem Abstand der positive Teil der Welle gerade noch zum Zerbrechen des Hindernisses aus, so wirft der nachfolgende negative Teil die schwebenden Bruchstücke in die Richtung nach dem Sprengherd (Fenster aus dem Zimmer).

Wenn die Stoßwelle sich nicht in der freien Atmosphäre nach allen Seiten ausbreitet, sondern in röhrenartigen Gängen, z. B. im Bergwerk, verläuft, so ist die Druckabnahme mit der Entfernung wesentlich geringer. Der Druck kann sogar wiederholt anwachsen, falls die Welle von einem Hindernis zurückgeworfen wird. Vor dem in Abb. 19 im Grundriß dargestellten Gang ist eine Ladung von 100 kg gesprengt worden; die entstandene Stoßwelle trat in den Gang ein und erzeugte an den verschiedenen Stellen der Wände die dort in Verhältnismaßen angegebenen Drücke. In dem vom Eintritt der Welle entferntesten Winkel ist fast der höchste Druck gemessen worden. Zu beachten ist, daß mit dem Druck gleichzeitig die Temperatur in der Stoßwelle wächst. Solche Messungen haben praktische Bedeutung für den Bau von Munitionskammern in Bergwerken. Sie zeigen, wie man den Verbindungsgang zwischen der Kammer und dem Bergwerk anlegen muß, damit bei einer Explosion der

Abb. 18. Aufzeichengerät zum Messen des zeitlichen Druckverlaufes in der Stoßwelle (Ritter).
a Membran b mit berußtem Papier bespannte Trommel
c Oeldämpfung d Uhrwerk e elektromagnetische Auslösung für d f Schreibmagnet.

Kammer eine möglichst schwache Stoßwelle in das Bergwerk eindringt. Die Messungen erklären aber auch die plötzlich stellenweise wieder auftretenden Zerstörungen und Brandwirkungen einer das Bergwerk durcheilenden Stoßwelle, nachdem sie weite Strecken ohne Wirkung durchlaufen hat.

Die Messungen des Druckverlaufs und der Laufzeit von Explosionswellen in Abständen von etwa 30 bis 1000 km werden im wesentlichen zur Erforschung der Zusammensetzung der Atmosphäre und von Schallanomalien ausgeführt und dienen in erster Linie wissenschaftlichen Zwecken. [B 933]

Elektrische Durchschlagfestigkeit von Ölen[1]).

Verschiedene Vorfälle geben Anlaß, die Durchschlagfestigkeit der Isolieröle für Transformatoren und Schalter zu erörtern. Von den Beziehern wird vielfach verlangt, daß das im Kesselwagen oder Eisenfaß angelieferte Öl die in den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker vorgeschriebene Durchschlagfestigkeit hat. Dies ist in den meisten Fällen deshalb unmöglich, weil das Öl ein hygroskopischer Stoff ist und aus der Luft Feuchtigkeit ansaugt. Die Verbandsvorschriften für Transformatoren- und Schalteröle besagen deshalb ausdrücklich, daß die Durchschlagfestigkeit in dem dem betriebfertigen Transformator oder Apparat entnommenen Öle zu prüfen ist[2]). Diese Bestimmung bezieht sich aber nicht auf im Kesselwagen oder Eisenfaß angeliefertes Öl.

Es erhebt sich nun die Frage, ob es überhaupt Öle gibt, die nach Trocknung — und gegebenenfalls Befreiung von kleinen Fäserchen usw. durch Filtration — eine den Vorschriften nicht entsprechende Durchschlagfestigkeit aufweisen. Nach den hier gemachten Erfahrungen muß betont werden, daß noch niemals ein Öl angeliefert worden ist, das nach sachgemäß ausgeführter Trocknung und Filtration einen zu geringen Durchschlagwert aufwies. Darüber hinaus kann noch gesagt werden, daß irgendwelche Unterschiede der Durchschlagfestigkeiten bei Ölen der verschiedenen Herkunft nicht beachtet worden sind. Auch in der Literatur ist darüber nichts bekannt geworden.

Jedenfalls kann jeder Käufer und auch jeder Lieferer von Probierölen, die die übrigen Bedingungen, insbesondere Verteerungszahl, Säurezahl, Aschengehalt, erfüllen, vollkommen darüber beruhigt sein, daß das Öl nach der vorgeschriebenen Trocknung und gegebenenfalls nach Filtration die vorgeschriebene Durchschlagfestigkeit aufweist. Sollte dies einmal scheinbar nicht der Fall sein, so beruht dies bestimmt auf einer unrichtigen Behandlung und nicht auf der Güte oder Zusammensetzung des angelieferten Öles. [N 908]

Berlin-Oberschöneweide. Dr. v. d. Heyden u. Dr. Typhe.

[1]) Mitteilung aus dem Chemischen Laboratorium der AEG-Transformatorenfabrik, Berlin-Oberschöneweide. Ueber die Durchschlagfestigkeiten gebrauchter Oele vergl. v. d. Heyden und Typhe, ETZ Bd. 45 (1924) S. 1059 u. „Petroleum" Bd. 20 (1924) S. 1428.

[2]) Vgl. ETZ Bd. 44 (1923) S. 1295, Bd. 45 (1924) S. 346.

Wärmeübergang von Öl an Wasser.

Eine ausführliche Abhandlung mit Versuchsergebnissen, die das demnächst erscheinende Ergänzungsheft „Technische Mechanik" dieser Zeitschrift enthält, liefert zunächst Erfahrungszahlen über den Wärmedurchgang und ermöglicht damit die Berechnung der Kühlflächen von Apparaten zur Kühlung des in den Lagern von Dampfturbinen, Verbrennungsmaschinen, Transformatoren usw. erwärmten Öles vor dessen Wiederverwendung. Die Versuche erstreckten sich auf eine einfache gerade Rohrleitung und auf vier verschiedene Kühlapparate. Das Kühlwasser strömte stets im Innern, das Öl außerhalb der Rohre. Wasser und Öl bewegten sich in gegenläufiger Strömung parallel oder im Querstrom, wobei Strömrichtung und die Lage des Kühlers verschiedentlich gewechselt wurden. Die Wärmedurchgangzahlen sind in Abhängigkeit von Kühlwassergeschwindigkeit w_w und Ölgeschwindigkeit w_0 sowie von der Öltemperatur t in Kurventafeln aufgezeichnet. Diese lassen insbesondere die großen Vorzüge der Querstromkühlung, ferner den bedeutenden Einfluß vor allem der Wasser-, aber auch der Ölgeschwindigkeit und der Öltemperatur erkennen. Für die normale Bauart der technisch wichtigen Kühler wurden Exponentialbeziehungen für die Wärmedurchgangzahl von der Form $k = w_0^m \, w_w^n \, t^q$ aufgestellt. Endlich wurden noch die Strömungswiderstände der verwendeten Flüssigkeiten in den Kühlern ermittelt. Die Widerstandshöhe des Wassers ergab sich der rd. 1,7ten Potenz der Wassergeschwindigkeit und Wassermenge, diejenige des Öles angenähert der Quadratwurzel aus der Zähigkeit sowie der rd. 1,5ten Potenz der Ölmenge bzw. Ölgeschwindigkeit verhältnisgleich.

[N 912] R. Stückle.

Schwedische Verbrennungskraftmaschinen.

Von Professor E. Hubendick, Stockholm.

(Schluß von S. 1469.)

Zündkammermotoren.

Seit Jahren hat man in den meisten Kulturländern die scheinbar einfache, aber in Wirklichkeit außerordentlich schwierige Aufgabe zu lösen getrachtet, den Brennstoff unmittelbar in den Zylinderraum des Verbrennungsmotors einzuführen, ohne andre Hilfsmittel zu verwenden als eine Brennstoffpumpe. Zur Lösung dieser Frage haben auch schwedische Ingenieure beachtenswerte Beiträge geliefert. Als ein Glied in diesen Arbeiten und besonders als vollendete Entwicklung der Glühkopfmotoren zu einer neuen Bauart mag der Zündkammermotor bezeichnet werden. Er kann in der Anordnung ebenso einfach wie der Glühkopfmotor bleiben, aber dabei eine bessere Betriebsicherheit und einfache Bedienbarkeit bei niedrigerem Brennstoffverbrauch ergeben.

Eine hervorragende Lösung ist der Ellwe-Motor der Nya Aktiebolaget Svenska Maskinverke, Södertälje. Er arbeitet im Zweitakt, und der Aufbau stimmt in großen Zügen mit dem eines Glühkopfmotors überein, Abb. 56 und 57. Die Maschine wird bis zu 60 PS Leistung in einem Zylinder ausgeführt. Der Zweizylindermotor hat 290 mm Zyl.-Dmr. bei 400 mm Hub und hat bei 300 Uml./min 140 PS Höchstleistung.

Die Einzelheiten dieses Motors weichen aber von denen der Glühkopfmotoren ab. Die Brennstoffpumpe, Abb. 58, ist eine Kolbenpumpe mit Saug- und Druckventilen, die durch Exzenter von der Welle aus betrieben wird. Die Brennstoffeinspritzung beginnt immer in derselben Kolbenstellung. Das Saugventil wird mittels Exzenters geöffnet, das vom Regler derart beeinflußt wird, daß sich, wenn der augenblicklichen Belastung nach die genügende Brennstoffmenge eingespritzt ist, das Saugventil der Pumpe öffnet. Der überflüssige Brennstoff, den die Pumpe noch fördert, wird deshalb in die Saugleitung zurückgetrieben.

Abb. 56. Zweizylindriger Ellwe-Motor für 120 PS.

Abb. 58. Brennstoffpumpe des Ellwe-Motors.

Abb. 57. Querschnitte durch einen Zylinder des Ellwe-Motors. M. rd. 1 : 30.

Abb. 59. Brennstoffventil und Vorzündkammer des Ellwe-Motors.

Abb. 61. Dieselmotor für Eisenbahn-Triebwagen der A.-B. Atlas-Diesel, Stockholm.

Bei verschiedenen Belastungen wird also die Brennstoffeinführung bei späterer oder früherer Kolbenstellung abgebrochen. Von der Brennstoffpumpe wird der Brennstoff durch ein Rohr nach dem Einspritzventil geführt. Dieses wird vom Flüssigkeitsdruck geöffnet, und der Brennstoff strömt durch Tangentialkanäle, die ihm eine Drehbewegung erteilen, durch den Ventilspalt und tritt staubförmig in die Vorkammer ein, Abb. 59.

Die Vorkammer besteht aus einer über dem Verbrennungsraum angeordneten, wassergekühlten Kammer, in die eine Vergasereinrichtung eingeschraubt ist. Gegen Ende des Verdichtungshubes wird der Brennstoff eingespritzt, während die Vorkammer mit verdichteter Luft gefüllt ist. In der Vorkammer wird dadurch gezündet und ein Teil der Ladung verbrannt. Die hierdurch verursachte Drucksteigerung bewirkt, daß der unverbrannte Teil des Brennstoffes in den Verbrennungsraum eingeblasen und mit der dort befindlichen Luft verbrannt wird. Der Verdichtungsdruck beträgt etwa 35 at, und das Arbeitsdiagramm stimmt gut mit einem gewöhnlichen Diesel-Diagramm überein.

Die Maschine wird mit Druckluft angelassen. Um das Anlassen der kalten Maschine zu ermöglichen, führt man mittels einer mit Bajonettverschluß versehenen Hülse ein nitriertes Löschpapier ein, das man vorher mit einem Streichholz angezündet hat. Während dieses Löschpapier verglimmt, dient es als erstmaliger Zünder, und nach einigen Umdrehungen zündet die Maschine von selbst.

Abb. 60 (S. 1533) zeigt die Versuchsergebnisse einer 60 PS-Einzylindermaschine. Der niedrigste Brennstoffverbrauch, 192 kg/PS_e h, wird bei 55 PS erreicht. Besonders zu erwähnen ist der für eine Zweitaktmaschine mit Kurbelgehäuse-Spülpumpe sehr hohe mittlere Kolbendruck. Er beträgt bei 60 PS 3,5 at und bei Höchstbelastung 4,15 at.

Dieselmotoren.

Einen Dieselmotor für Eisenbahnbetrieb der Firma A.-B. Atlas-Diesel, Stockholm, zeigen Abb. 61 bis 65. Diese Maschine ist mit zwölf V-förmig gestellten, im Viertakt arbeitenden Zylindern ausgerüstet und leistet bei 200 mm Zyl.-Dmr., 240 mm Hub und 550 Uml./min 300 PS. Je zwei von den Zylindern treiben einen gemeinsamen Kurbelzapfen. Sie liegen aber nicht in derselben Quer-

Abb. 66. Kennlinien des Dieselmotors, Abb. 62 bis 65.
a Einblasedruck in kg/cm² *b* Umlaufzahl *c* Brennstoffverbrauch in kg/h *d* „ g/PSh.

Abb. 62 bis 65. Triebwagen-Dieselmotor von 300 PS der A.-B. Atlas-Diesel, Stockholm.

Abb. 68. Schnitt durch einen Zylinder der Unterseeboot-Dieselmaschine der A.-B. Atlas-Diesel.

Abb. 67. Unterseeboot-Dieselmaschine der A.-B. Atlas-Diesel, Stockholm.

Abb. 60. Kennlinie eines 60 PS-Ellwe-Motors.

a Gesamt-Brennstoffverbrauch in kg/h
b Brennstoffverbrauch g/PSh
c Umlaufzahl
d nutzbarer mittlerer Kolbendruck in kg/cm².

Abb. 69. Kennlinien des Atlas-Unterseebootmotors.

a Einblasedruck *b* Umlaufzahl *c* Brennstoffverbrauch in g/PSh.

ebene, sondern sind in axialer Richtung ein wenig gegeneinander versetzt, damit gegabelte Kurbelzapfenlager vermieden werden. Die Zylinder sind gegeneinander unter 40° geneigt. Der Brennstoff wird von zwei Brennstoffpumpen zugeführt, von denen jede sechs Zylinder speist. Das Öl von jeder Pumpe wird den verschiedenen Zylindern von zwei Verteilstücken aus zugeleitet. Die Maschine wird durch Drucköl geschmiert.

Da der Motor den Wagen über eine elektrische Zwischenübersetzung antreibt, wird er auch elektrisch mit Strom aus einer Batterie angelassen. Abb. 66 (S. 1532) gibt die Versuchsergebnisse dieses Motors wieder.

Von derselben Firma stammt auch die Unterseeboot-Maschine, Abb. 67 und 68. Diese Maschine leistet 650 PS bei 450 Uml./min mit sechs Zylindern von 370 mm Dmr. und 670 mm Hub. Sie ist mittels Druckluft umsteuerbar. Auch die Umlaufzahl ist veränderlich. Im Unterseeboot ist die Maschine mit einer Dynamomaschine und der Schiffsschraube gekuppelt.

Die Umsteuervorrichtung ist, wie folgt, eingerichtet: Auf der Steuerwelle sind Nocken für Brennstoffventile, Anlaßventile, Einlaß- und Auslaßventile angebracht. Für jedes Brennstoff- und Anlaßventil sind aber zwei Nocken vorhanden, die gegeneinander an der Steuerwelle versetzt sind. Zum Umsteuern wird

Abb. 70. Schiffsdieselmaschine mit Hilfsmaschinen von A.-B. Götaverken.

Abb. 71. Kompressorlose Zweitakt-Dieselmaschine der A.-B. Atlas-Diesel, Stockholm.

Abb. 72. Kennlinien des kompressorlosen Dieselmotors, Abb. 71.

a Wirkungsgrad
b Brennstoffverbrauch in g/PSh
c Brennstoffverbrauch in g/h
d nutzbarer mittlerer Kolbendruck.

die Steuerwelle axial verschoben, wodurch der eine oder der andre Nocken das betreffende Ventil betätigt, je nachdem die Maschine vorwärts oder rückwärts laufen soll. Ein- und Anlaßventile aber haben je nur einen Nocken. Diese Nocken sind axial so breit, daß sie trotz Verschiebung der Steuerwelle immer ihre Ventile betätigen. Die Steuerung dieser Ventile bleibt deshalb bei Vorwärts- und Rückwärtsgang des Motors immer gleich. Beim Umsteuern werden sie aber derart vertauscht, daß das Einlaßventil beim Rückwärtsgang Auslaßventil wird und umgekehrt. Die Einlaßventile bei Vorwärtsgang sind alle durch ein gemeinsames, längs der Maschine laufendes Rohr verbunden, und die Auslaßventile bei Vorwärtsgang sind in ähnlicher Weise durch ein anderes Rohr verbunden. Diese Sammelrohre sind je an den Ringraum eines Steuerschiebergehäuses angeschlossen. Durch einen Rundschieber im Schiebergehäuse, das gleichzeitig mit der Steuerwelle verschoben wird, wird beim Vorwärtsfahren das Einlaßventil-Sammelrohr mit dem Ansaugrohr und das andre Sammelrohr mit der Auspuffleitung verbunden; beim Rückwärtsfahren dagegen sind die vier Rohre umgekehrt geschaltet.

Prüfergebnisse dieser Maschine sind in Abb. 69 wiedergegeben.

Die A.-B. Götaverken, Göteborg, baut Dieselmaschinensätze für Schiffsantrieb nach Burmeister & Wain, die Abb. 70 wiedergibt. Ein solcher Satz besteht aus einer Sechszylinder-Hauptmaschine von 2000 PS bei 100 Uml./min und den Hilfsmaschinen, u. zw. auf der Backbordseite drei Dieselmotoren mit je zwei Zylindern von 75 PS, die mit Dynamomaschinen unmittelbar gekuppelt und mit dazugehöriger Schalttafel versehen sind, auf der Steuerbordseite durch Elektromotoren angetriebenen Verdichtern, Kühlwasserpumpe, zwei Schmierölpumpen, Brennstoffpumpe, Ballastpumpe und Lenzpumpe, einem Hilfskessel und einem mit Dampf betriebenen Hilfsverdichter.

Kompressorlose Dieselmotoren.

Schon bei der Besprechung der Zündkammermotoren wurden die Bestrebungen erwähnt, Motoren mit unmittelbarer Brennstoffeinspritzung in den Verbrennungsraum herzustellen. Unter andern hat diese Aufgabe in Schweden auch die A.-B. Atlas-Diesel, Stockholm, gelöst.

Abb. 71 zeigt eine zweizylindrige Maschine dieser Art. Der Brennstoff wird von einer durch Nocken getriebenen Brennstoffpumpe durch einen sogenannten Brenner mit einem Loch in den Verdichtungsraum eingespritzt. Der Nocken ist auf einer schwingenden, mit Pleuelstange angetriebenen Steuerwelle befestigt. Das Brennstoffventil besteht aus einer federbelasteten Differentialnadel, die durch den Flüssigkeitsdruck geöffnet wird. Die Umlaufzahl der Pumpe bleibt stets unveränderlich, aber die Brennstoffmenge wird dadurch geregelt, daß ein Überlaufventil während des Druckhubes in einer vom Regler bestimmten Kolbenstellung geöffnet und der überflüssige Brennstoff wieder in die Saugleitung zurückgefördert wird. Das Brennstoffventil steht deshalb nur während des Einspritzens von Brennstoff unter Druck. Die Maschine ist noch mit Anlaßverdichter, Kühlwasserpumpe und Schmierpumpe ausgerüstet.

Abb. 72 enthält die Ergebnisse von Versuchen mit einem einzylindrigen Motor von 250 mm Dmr., 350 mm Hub und 300 Uml./min. Die Maschine verdient besondere Aufmerksamkeit, weil sie neue Bestrebungen verkörpert. Wie der Vorkammermotor der Svenska-Maskinverke, der Ellwe-Motor, eine Neuentwicklung darstellt, bezeichnet auch diese Motorbauart eine neue Entwicklung der Glühkopfmotoren. Man hat hier versucht, eine Maschine zu entwerfen, die billig herzustellen, einfach im Aufbau und in der Bedienung ist, und die einen niedrigen Brennstoffverbrauch hat [B 475]

Die Rheinregulierung.

Von Strombaudirektor Langen, Koblenz.

(Schluß von S. 1458.)

Strecke Bonn–Köln.

Auf dieser Strecke hat der Rhein im allgemeinen hochliegende Ufer, durch die die ganze Hochwassermenge zusammengehalten und zum Aufräumen des Flußbettes nutzbar wird. Die Schiffahrt hat demgemäß hier verhältnismäßig wenig Schwierigkeiten gefunden, so daß nicht allzuviel Regulierungsarbeit nötig wurde.

Wohl die meiste Arbeit machte die Beseitigung der großen Kiesablagerungen an der Siegmündung, Abb. 9, die den Strom derart sperrten, daß nur eine schmale Fahrrinne am gegenüberliegenden (linken) Ufer verblieb. Die Verbesserung gelang dadurch, daß die früher rechtwinklig einmündende Sieg unter Benutzung der sogenannten Hartfurth am Kemperwerth eine schräg abwärts gerichtete Mündung erhielt und das Rheinufer oberhalb der Mündung sowie auch das gegenüberliegende Ufer durch Buhnenbauten bis zur vorgesehenen Uferlinie vorgeschoben wurden.

Im übrigen wurde die erstrebte Fahrwassertiefe von 2,50 m unter mittlerem Niedrigwasser ohne besondre Schwierigkeiten durch regelmäßigen Ausbau der Ufer mittels Buhnen unter Einschränkung der Mittelwasserbreite auf 300 m erreicht, wobei die zu beseitigenden Ablagerungen unter der Einwirkung der Einschränkungswerke teils von selbst abtrieben, teils weggebaggert werden mußten.

Strecke Köln–Düsseldorf.

Von Köln ab durchfließt der Strom in vielen Windungen die weitausgedehnte niederrheinische Tiefebene. Die Strecke Köln–Düsseldorf zeichnet sich durch besonders zahlreiche und starke Windungen aus. Die sich hieraus ergebenden Schwierigkeiten werden noch durch die tiefe Lage der Vorländer vermehrt, die größtenteils beträchtlich vom Hochwasser überflutet werden und durch ihre sehr unregelmäßige Begrenzung ungünstig auf die Gestaltung des Flußbettes einwirken. Teilt sich der Hochwasserstrom, so bildet er am Zusammenlauf hinter der inselartigen Erhebung des Landes eine langgestreckte Ablagerung, die sich vielfach schräg durch den Strom zieht. Bei seitlicher Abströmung einer großen Wassermenge über ein weit ausbuchtendes Vorland hinweg wird der Hauptstrom derart entlastet und verzögert, daß sich ein Teil der mitgeführten Sinkstoffe absetzt. Da somit die Ursache der Unregelmäßigkeiten im Flußbett vielfach in der Gestaltung der Vorländer liegt, deren Umbildung kaum zu erreichen ist, so war die Ausbildung der normalen Fahrrinne oft außerordentlich schwierig. Bei ihrer Unterhaltung wird stellenweise die dauernde Anwendung von Baggerungen kaum zu entbehren sein, solange es nicht gelingt, die Hochwasserbegrenzung in geeigneter Weise zu regeln.

Durchstiche, wie in der oberrheinischen Tiefebene, sind auf der vorliegenden Strecke nicht ausgeführt, und zwar wohl mit Recht, da das Gefälle (1 : 60 000) erheblich stärker ist, als auf der Strecke Speyer–Mainz nach Ausführung der Durchstiche.

Das bedeutendste Schiffahrtshindernis auf der Strecke Köln–Düsseldorf lag an der Mündung der Wupper, Abb. 10, vor deren weit vortretenden Ablagerungen bei niedrigen Wasserständen nur eine enge Stromrinne von geringer Tiefe verblieb, ähnlich wie in der oberen Strecke vor der Siegmündung. Hier wurde zunächst das linke Ufer oberhalb Kasselberg durch Buhnen in einer gestreckten Flucht vorgeschoben und die übergroße Tiefe weiter aufwärts am rechten Ufer bei Wiesdorf durch Grundschwellen verbaut. Später wurde auch das rechte Ufer unterhalb Wiesdorf durch Buhnen vorgeschoben und das System derart ausgebaut, daß der Strom in gestreckter Form eine gleichmäßige Mittelwasserbreite von 300 m erhielt, und eine 150 m breite Fahrrinne ausgebaggert. Seitdem ist jede Schwierigkeit für die Schiffahrt beseitigt. In ähnlicher Weise wurden auch an den andern Stellen die das Fahrwasser beeinträchtigenden Kiesablagerungen zum Abtrieb zu bringen gesucht. Später wurde das Ufer weiter ausgebaut und soweit erforderlich die planmäßige Tiefe in 150 m Breite ausgebaggert. Sie hat sich im allgemeinen gut erhalten. Zwischen Hamm und Heerdt bestand früher eine Stromspaltung durch die oberhalb der Einmündung des Erftkanals gelegene „Ölgangs-Insel“. Diese Insel wurde in den 1840er Jahren durch Abschlußwerke mit dem linken Ufer verbunden, später wurde das Ufer vor der Insel durch Buhnen weiter vorgeschoben und zur weiteren Führung des Stromes an der Einmündung des Erftkanals ein Richtwerk mit vorgelegten kurzen Buhnen hergestellt, Abb. 11.

Das anschließende linke Ufer vor und unterhalb Heerdt, das bei hohem Wasser und Eisgang besonders starken Angriffen ausgesetzt war, hat wiederholt ausgebessert werden müssen. Endgültig ist es in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts ausgebaut worden, wobei das Ufer bis zum vorgesehenen Flußbett mittels eines langen Leitwerkes vorgeschoben wurde, das mit Traversen an das Ufer angeschlossen und durch Stromschwellen gegen Unterspülung gesichert ist.

Außerordentlich schwierig war die Sicherung des immer weiter abbrechenden Ufers in der starken Krümmung dicht oberhalb Düsseldorfs. Hier ist es gelungen, durch allmähliches Vorgehen von oberhalb her das Ufer durch Buhnen vorzuschieben und den Strom mehr und mehr von dem in der schärfsten Krümmung liegenden, tief

Abb. 9. Siegmündung.

Abb. 10. Wuppermündung.

oberhalb von Düsseldorf, so daß Unregelmäßigkeiten im Fahrwasser hier weit weniger aufgetreten sind und bis Mitte vorigen Jahrhunderts Reguliermaßnahmen nicht erforderlich waren. Mit den steigenden Anforderungen der Schiffahrt an Tiefe und Breite des Fahrwassers sind jedoch an vielen Stellen Einschränkungen durch Buhnen nötig geworden, durch die die Normalbreite von 300 m bei Mittelwasser fast durchweg in möglichst schlankem, regelmäßigem Lauf ausgebildet wurde, während gleichzeitig durch Baggern eine Fahrrinne von 150 m Breite und 3,0 m Tiefe unter mittlerem Niedrigwasser hergestellt wurde.

Bei dem Bau der Hochfelder Eisenbahnbrücke in den Jahren 1872/73 ist das früher sehr regelmäßige Fahrwasser durch den Einfluß der mit breiten Steinschüttungen umgebenen Mittelpfeiler sehr geschädigt, Abb. 12. Es bildeten sich neben den Pfeilern Auskolkungen und an andern Stellen solche Versandungen des Fahrwassers, daß umfangreiche Regulierungen

einbuchtenden Ufer abzudrängen. Endgültig geregelt wurde der Flußlauf an dieser Stelle in den Jahren 1890 bis 1896 durch die Anlage des großen städtischen Hafens.

Das Stromufer bei Düsseldorf selbst ist in den Jahren 1896 bis 1898 in Verbindung mit dem Bau der festen Straßenbrücke Düsseldorf – Oberkassel ausgebaut. Zwischen dem neuen Hafen und der Brücke ist eine schwere Werftmauer hergestellt, die wegen der außergewöhnlich großen Tiefen dort von stellenweise über 15 m ungewöhnlich hohe Kosten verursacht hat. Auf dem linken Ufer wurde im Anschluß an den Brückenbau eine regelmäßige Deichanlage ausgeführt und das hohe Vorland mit Rücksicht auf eine geregelte Stromführung bis auf etwa 1½ bis 2 m über Mittelwasser abgegraben.

Strecke Düsseldorf – Ruhrort.

Diese Strecke hat ein ähnliches Gepräge wie die eben beschriebene. Das Gefäll ist ziemlich gleichmäßig verteilt, die Stromwindungen sind jedoch nicht so schroff, wie

oberhalb und unterhalb erforderlich wurden. Die Schwierigkeiten für die Schiffahrt wurden indessen auch durch diese Arbeiten nicht völlig beseitigt; die Auskolkungen an den Pfeilern erforderten dauernde Sicherungsarbeiten, so daß schon vor dem Kriege der Neubau der Brücke mit einer günstigeren Anordnung der Strompfeiler beschlossen wurde. Als der Unterbau für einen neuen Strompfeiler fertig war, wurden die Arbeiten durch den Krieg unterbrochen. Die auf Drängen der Wasserbauverwaltung und der Schiffahrt beabsichtigte Wiederaufnahme der Arbeiten wurde durch die Nachkriegsereignisse immer wieder verzögert, steht jedoch jetzt unmittelbar bevor, so daß diese für die Schiffahrt schwierige Stelle bald erheblich verbessert sein wird.

Strecke Ruhrort – Wesel.

Das Gepräge des Flusses nähert sich jetzt wieder mehr den Verhältnissen der oberrheinischen Tiefebene zwischen Speyer und Mainz; in der weiten und flachen Tiefebene hat

Abb. 11. Rheinstrecke an der Mündung des Erftkanals.

das Streben des Flusses zur Verschärfung seiner Krümmungen in dem meist leichten, sandigen Boden vielfach schwere, verhängnisvolle Folgen gehabt, und in alten Zeiten, als es noch nicht gelang, den Strom in gesicherten Ufern festzulegen, war ein Durchstich vielfach die einzige und letzte Rettung vor der Zerstörung von Ortschaften durch den Strom; manche sind ihm im Laufe der Zeiten zum Opfer gefallen. Bauten zum Schutze der Ufer wurden hier am frühesten angewendet. Dauernder Erfolg wurde erst durch die seit Mitte des vorigen Jahrhunderts planmäßig ausgeführten Arbeiten erreicht.

Bemerkenswert ist die Geschichte des Stromlaufes bei Wesel, Abb. 13. Nachdem in früheren Zeiten auf der gegenüberliegenden (linken) Seite das Dorf Büderich durch die Fluten zerstört war, rückte der Strom im Anfang des 18. Jahrhunderts den Festungswerken der Stadt Wesel unter fortwährender Verschärfung seiner Krümmung immer näher. Alle damals bekannten Uferbefestigungen versagten, die Tiefe nahm vor den, allerdings viel zu steil angelegten Uferdeckungen aus Faschinenpackungen (sogenannten Bleeswerken) fortwährend zu und stieg schließlich bis auf mehr als 20 m. Versuche, den Strom oberhalb abzulenken, versagten vollständig. Um die verderbliche Wirkung des Stromes bei Hochwasser zu mildern, wurde etwa um 1790 ein Entlastungsgraben durch die gegenüberliegende Halbinsel ausgehoben, der aber nur bei Hochwasser in Tätigkeit treten sollte, während man den Hauptstrom der Schiffahrt wegen bei Wesel behalten wollte. Einige Jahre später (1795 und 1799) traten im Hauptstrom Eisversetzungen ein, so daß der volle Hochwasserstrom den kürzeren Weg durch den Entlastungsgraben nahm und ihn derart ausspülte, daß er fortan Hauptstromarm wurde, während der alte Arm rasch versandete. Mit Rücksicht auf die Stadt Wesel und die lebhafte Schiffahrt auf der Lippe, deren Mündung in den Altarm gleichfalls mit versandete, wurden die größten Anstrengungen gemacht, den Altarm als Hauptschiffahrtsweg zu erhalten und der Versandung Einhalt zu tun, jedoch ohne Erfolg, so daß man schließlich (1875) diese Versuche aufgab und einen neuen Entwurf aufstellte, der Anfang der 1890er Jahre ausgeführt wurde. Hiernach wurde der obere Teil des Altrheins abgeschlossen und der Verlandung preisgegeben, der untere zum Hafen ausgebaut und daneben für die Lippe eine neue Mündung hergestellt. Der neue Hauptstrom wurde durch umfangreiche Abgrabungen für die geregelte Hochwasserabführung erweitert.

Abb. 12. Rheinstrecke an der Hochfelder Brücke.

Abb. 13. Stromlauf bei Wesel.

Abb. 14. Rheinstrecke bei Grieth.

Strecke Wesel—holländische Grenze.

Unterhalb Wesels befand sich der Strom noch im 18. Jahrhundert in einem Zustande größter Verwilderung. Das unter Hochwasserspiegel gelegene Talgelände bildet ein Netz von eng verschlungenen Windungen ehemaliger Flußarme. Auch das engere Strombett war derart zerrissen, daß noch 1763 zwischen Xanten und der holländischen Grenze 12 größere Stromspaltungen bestanden. Dank planmäßigem Vorgehen sind diese sämtlich beseitigt in dem Bestreben, alle Wassermassen in einem einheitlichen Bette zusammenzufassen, wodurch nicht nur die Abführung des Hochwassers erleichtert und beschleunigt, sondern auch die Gefahr einer Eisverstopfung wesentlich verringert wird.

Zur Beseitigung übergroßer Krümmungen und zur Verhinderung der in ihnen unaufhaltsam fortschreitenden Uferabbrüche sind vielfach künstliche Durchstiche, sogenannte Kanäle erforderlich geworden, so der Bislicher Kanal (1788), der Reeser Durchstich oberhalb Rees (1677), der Griether Kanal (1819), Abb. 14, und der Emmericher Kanal (zweite Hälfte des 17. Jahrhunderts). Trotz der im ganzen ziemlich gestreckten Form, die der Stromlauf hierdurch erhalten hat, ist das Durchschnittgefälle von Wesel bis zur Grenze geringer als 1 : 8000, also erheblich schwächer als oberhalb. Dementsprechend ist auch der Flußbettboden erheblich feiner und besteht vielfach aus feinem, größtenteils aus der Lippe stammendem Sand.

Die Regulierungsarbeiten beschränkten sich vor 1879 vorwiegend auf den Ausbau tiefer Buchten sowie auf den Schutz der Ufer und auf die Verbesserung kürzerer, besonders bedürftiger Strecken. Erst nach Bereitstellung größerer Mittel von 1880 ab wurde das Ufer planmäßig durch Buhnenbauten bis zur Korrektionslinie vorgezogen. Die geschaffene Mittelwasserbreite beträgt, wie bereits erwähnt, oberhalb Emmerich 300 m und nimmt unterhalb bis zur Grenze allmählich bis auf 340 m zu. Innerhalb dieses Mittelwasserbettes ist überall, soweit erforderlich durch Baggerungen ein Fahrwasser von durchweg 150 m Breite und 3 m Tiefe bei mittlerem Niedrigwasser geschaffen, das an vielen Stellen, z. B. bei Emmerich, Abb. 15, zur Schaffung von Schiffsliegestellen auf 200 m verbreitert ist.

Abb. 15. Rheinstrecke bei Emmerich.

Der Erfolg der Arbeiten.

Durch die vorstehend kurz beschriebenen Regulierungsarbeiten ist der Rhein im Laufe der letzten hundert Jahre zu einer außerordentlich leistungsfähigen Binnenwasserstraße, der größten Europas, wenn nicht der ganzen Welt, ausgebaut worden. Zugleich mit dem Strome sind die Hafenanlagen ausgebaut worden, zum großen Teile von den beteiligten Städten, die die Bedeutung der Wasserstraße für Handel und Industrie richtig erkannt und dafür Aufwendungen gemacht haben und noch machen, die einer weniger industriell veranlagten Bevölkerung gewagt scheinen würden. Der Erfolg hat alle Mühen und Kosten reichlich gelohnt. Der Aufschwung der Rheinschiffahrt hat bis zum Ausbruch des Krieges, wo die Entwicklung jäh unterbrochen wurde, den Erwartungen nicht nur voll entsprochen, sondern sie weit überholt und so immer aufs neue Anstoß zu weiteren Verbesserungen gegeben. So ist das Regulierungswerk auch jetzt nicht als abgeschlossen zu betrachten. Das Hochwasserbett, insbesondre in der niederrheinischen Tiefebene, wird, wie oben erwähnt, dauernd zu verbessern sein. Ferner wird zu erwägen sein, ob und wieweit durch weiteren Ausbau des Niedrigwasserbettes eine Vergrößerung der Fahrwassertiefe wenigstens in beschränkter Breite mit wirtschaftlich vertretbaren Mitteln erreicht werden kann.

[B 755]

Über Rostschutz[1]).

Für die gegenwärtige Lage Deutschlands, wo Staat und Industrie auf größte Sparsamkeit angewiesen sind, hat der Rostschutz eine außerordentliche Bedeutung erlangt. Welch großen Schaden Rost anzurichten vermag, geht auch aus einer von Sir R. Hadfield zusammengestellten Statistik („The Metal Industry" 9. Januar 1925) hervor. Der durch Anfressung verursachte Verlust an Eisen und Stahl soll hiernach im Jahre 1921 fast ebenso groß gewesen sein, wie die Gesamterzeugung an Roheisen.

Da die Fabrikation schwer rostender Stahlsorten oder das Auftragen von anderen Metallen für große Eisenkonstruktionen zu teuer wird, hat sich als Schutzüberzug nur die Farbe als brauchbar erwiesen.

Unter Rost im engeren Sinne hat man die meist an der Oberfläche des Eisens zutage tretende allmähliche Zerstörung unter Bildung von Eisen-Sauerstoff-Verbindungen zu verstehen, die noch mehr oder weniger chemisch gebundenes Wasser ($Fe_2O_3 + H_2O$) enthalten. Aber nicht nur diese eine Schädigung ist es, der das Metall der Eisenkonstruktion allmählich zum Opfer fällt. Das Eisen ist außer diesen Zerstörungen, die der Luftsauerstoff in Gemeinschaft mit der Kohlensäure und der Feuchtigkeit der Luft hervorruft, häufig noch einer Reihe anderer, schädigender Einflüsse teils chemischer, elektrischer oder physikalischer, teils biologischer oder mechanischer Natur, mehr oder minder ausgesetzt.

Gegen alle diese, das feste Gefüge des Eisens mit der Zeit untergrabenden Einwirkungen, gegen alle diese Zerstörungen hat sich der Rostschutz in weiterem Sinn in bewußter Erkennung der verschiedenen jeweils auftretenden Schädigungen wirksam zu richten.

Die Technik der Farbenfabrikation ist heute sehr wohl imstande, Bindemittel und Farbkörper solcher Art herzustellen und zu Rostschutzfarben zu vereinigen, daß sie, wenn auch nicht zeitlich unbegrenzten, so doch für eine lange Reihe von Jahren sicheren Rostschutz gewähren. Selbstverständliche Voraussetzung ist hierfür natürlich gewissenhafte Ausführung des Anstriches unter sorgfältiger Beobachtung der maltechnischen Vorbedingungen für guten Rostschutzanstrich.

Bei allen Eisenkonstruktionen hat man in erster Linie Maßnahmen gegen folgende drei Haupteinwirkungen zu treffen:

1. Verhinderung des Zutritts von Wasser und Sauerstoff zum Eisen durch Auftragen eines möglichst wasserundurchlässigen Grundanstriches (eigentlicher Rostschutz-Anstrich).
2. Die hierauf folgenden Deckanstriche haben hauptsächlich für ausreichende Wetterbeständigkeit und Dehnbarkeit einzustehen, wobei natürlich die gleichzeitige Wasserundurchlässigkeit dieser Anstriche den Wert des gesamten Rostschutzes noch wesentlich zu erhöhen vermag (Wetterschutz).
3. Der gesamte Rostschutzanstrich soll einwandfrei isolierend wirken, d. h. er soll möglichst verhindern, daß zwischen dem zu schützenden Eisen und der Oberfläche der Rostschutzhaut elektrische Ströme auftreten, die die Farbhaut durchdringen und auf diese Weise nicht nur allmählich die Zerstörung der Farbhaut, sondern auch die Anfressung des Eisens veranlassen.

Wenn man auch diese drei Einwirkungen bei den meisten Eisenkonstruktionen hauptsächlich mit reinen, einwandfreien Leinölfirnisfarben mit Erfolg bekämpfen kann, so lassen sich gleichwohl keine allgemein zu fordernden Eigenschaften, die alle Rostschutzfarben haben müssen, angeben. In sehr vielen Fällen ist nämlich die Erfüllung des Schutzes gegen diese drei Hauptangriffe: Rost, Wetter und elektrischen Strom, die meist durch gewöhnliche Witterungseinflüsse: Schneefall, Wind, Regen, Wetter und Sonne, bedingt sind, nicht ausreichend, und man hat daher Sonder-Rostschutzfarben, die bestimmten Beanspruchungen entsprechen, wie sie z. B. in Industriegegenden durch chemische Verunreinigung der Luft zu bekämpfen sind, hergestellt.

So entstanden dann die Sonderfarben, die z. B. Widerstand leisten sollen, gegen die sauren oder alkalischen Gase und Dämpfe, wie sie in Gegenden der Zechen oder chemischen Fabriken usw. auftreten, oder gegen die stark ätzenden Laugen und Salze, die in Kali- und Salzbergwerken alle eisernen Konstruktionen zerfressen, und weiterhin gegen die besonders schnell zerstörend wirkenden Angriffe der Rauchgase aus Lokomotiven. Für Betriebe der Gärungsindustrie, also für Brauereien, Brennereien, Essig- und Milchsäure-Fabriken, wo starker Kohlensäuregehalt und große Feuchtigkeit der Luft, außerdem Schimmelpilzwucherungen und andere ölspaltende Organismen die gewöhnlichen Firnis-Rostschutzfarben verhältnismäßig stark beanspruchen, erschienen wieder andere Gesichtspunkte für die Herstellung widerstandfähiger Rostschutzfarben maßgebend. Die Farben für die Zuckerindustrie oder für die Leuchtgasindustrie sind mit Rücksicht auf die hier besonders stark zerstörenden Einflüsse wieder anders zusammengesetzt.

Man kann nun etwa zwischen den folgenden Hauptbeanspruchungsarten unterscheiden:

1. Rostschutzfarben zum Schutz gegen reine Witterungseinflüsse,
2. Rostschutzfarben zum Schutz gegen Witterungseinflüsse und besondere Angriffe chemischer, elektrochemischer, physikalischer oder biologischer Art.

Derartig verschiedene Angriffe auf die Rostschutzfarben bedingen für diese Industriezweige entsprechende verschiedene Beschaffenheiten, die dann, in dem einen Falle vielleicht durch das Bindemittel, in dem anderen Fall durch den Farbstoff oder durch beide, der jeweiligen besonderen Beanspruchung gerecht werden.

Der Lieferer der Rostschutzfarben ist daher stets über den Umfang der auf die Farben wirkenden Umstände möglichst zu unterrichten, damit er die jeweils entsprechenden Bindemittel und Farbstoffe verwenden kann.

Auf die Besprechung der Eigenschaften oder Zusammensetzung solcher Sonderfabrikate hier näher einzugehen, würde zu weit führen, dagegen mag hier einiges Wissenswerte über die verwendeten Ölbindemittel und deren hauptsächlichste Rohstoffe, das Leinöl und Holzöl, gesagt sein.

Die Ölbindemittel. Das älteste und bisher am weitesten verbreitete Bindemittel für Rostschutzfarben ist der Leinölfirnis. Als Rohstoff dient das aus den gereinigten Leinsamen durch Pressen erhaltene Leinöl; es enthält stets, je nach der Art der Reinigung und der Pressung, noch gewisse pflanzliche und mechanische Verunreinigungen, die natürlich nicht ohne Einfluß auf die Beschaffenheit des Öles sind. Um dieses Leinöl, das ohne Zusätze zum Trocknen einer Reihe von Tagen bedarf, schneller, in etwa 10 bis 20 Stunden, trocknen zu lassen, werden in ihm bei höheren Temperaturen von meist über 150 °C Sauerstoff übertragende Stoffe (gewöhnlich Blei-Mangan und Kobalt-Verbindungen) gelöst. Dadurch wird die Konsistenz verändert und gleichzeitig werden gewisse schädliche Pflanzenschleimstoffe ausgestrichen, die die Haltbarkeit des Anstriches beeinträchtigen. Es erscheint aus Gründen der Betriebsicherheit und der Gleichmäßigkeit der Erzeugnisse selbstverständlich, daß gewissenhafte Rostschutzfarbenwerke stets ihren Leinölfirnis und ihre Bindemittel im eigenen Betriebe herstellen und daß sie zu diesem Zweck auch stets von den gleichen Rohstoffen auszugehen trachten werden; denn von der Zuverlässigkeit und der gleichbleibenden

---

[1]) Für die Lösung der Aufgaben, die der Rostschutz stellt, kommt die Erforschung der für die Rostbildung und den Rostschutz maßgeblichen Verhältnisse in erster Linie in Frage. Hiermit befaßt sich u. a. der Reichsausschuß für Metallschutz. Daneben ist aber die Unterweisung der mit der Ausführung von Rostschutzmaßnahmen Beschäftigten von besonderem Wert. Durch die Herausgabe des Beuthheftes 6 „Korrosionen und Rostschutz" durch den Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung sind weite Kreise über den heutigen Stand unterrichtet worden. Eine dritte Aufgabe, an deren Lösung der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik arbeitet, ist die Aufstellung und Vereinheitlichung der Prüfverfahren und Gütevorschriften für Rostschutzmittel.

Beschaffenheit der verwendeten Öle hängen natürlich auch die Eigenschaften der Rostschutzfarben ab.

Nun zeigt allerdings der reine getrocknete Leinölfirnisfilm, dem noch keine Farbpigmente beigemischt sind, auch wenn er mehrfach übereinander aufgetragen wird, eine gewisse Wasserdurchlässigkeit, indem er durch Quellung schwammig wird und so keinen völlig sicheren Schutz für Wasser mehr gewährt. Auf Grund dieser Tatsache pflegt man zurzeit auch von dem namentlich früher üblichen Verfahren, das Eisen zunächst mit reinem Leinölfirnis zu streichen, mehr und mehr abzukommen, und zwar besonders in den Fällen, wo derartig behandelte Eisenteile etwa längere Zeit Wind und Wetter ausgesetzt bleiben, bevor weitere Anstriche ausgeführt werden können.

Wird hingegen der Leinölfirnis mit Farben (namentlich basischen) vermahlen, so scheidet diese Wasserdurchlässigkeit, je nach dem zum Anreiben der Farbe verwandten Farbstoff und je nach dem Feinheitsgrad bei der Vermahlung, aus, so daß also die oben erwähnte Wasserdurchlässigkeit des unvermischten Leinölfilmes durchaus nicht allgemein allen Firnisfarben zukommt. Bieten doch gerade die Bleifarben (Bleimennige- und Bleiweißanstriche) infolge der Wasserunlöslichkeit der sich beim allmählichen Trocknen und Erhärten bildenden Bleiseifen einen ganz hervorragenden Rostschutz, der vornehmlich diese Leinölfirnisfarben auch für gewisse Sonderbeanspruchungen neben dem Rostschutz, Wetterschutz und Schutz vor Zerstörung durch Lokalströme geeignet macht.

Holzöl-Leinöl-Firnis. Man hat in der Verwendung des chinesischen Holzöles, das aus dem Samen eines in Ostasien, besonders China, verbreiteten Ölfirnisbaumes meist durch Pressen gewonnen wird, ein Öl von außerordentlich hohem technischen Wert für die Rostschutzfarben-Herstellung gefunden, das das Leinöl namentlich auch in bezug auf die Wasserundurchlässigkeit wesentlich zu verbessern imstande ist. Weiterhin zeigen die Holzölfabrikate auch sehr große Haftfähigkeit gegenüber dem Untergrund, Dauerhaftigkeit und Wetterbeständigkeit gegenüber den äußeren Beanspruchungen. Allerdings hängt die Verwendbarkeit des Holzöles wesentlich von seiner technischen Verarbeitung durch den geeigneten Koch- und Verdickungsvorgang ab, und daher sind diese außerordentlich günstigen Eigenschaften des Holzöles nur durch geschickte und peinlich einzuhaltende Verarbeitungsvorschriften zu erzielen.

Die mit diesem Holzöl-Leinöl-Firnis hergestellten Rostschutzfarben haben sich, namentlich auch wegen der größeren Wasserundurchlässigkeit, auch der Zink- und Eisenoxydfarben, bestens bewährt.

Natürlich ist neben dem eigentlichen Kochvorgang selbst auch das Mischverhältnis der beiden trocknenden Öle (Holzöl und Leinöl) für die Beschaffenheit der damit hergestellten Rostschutzfarben von ausschlaggebender Bedeutung. Auch werden für manche Zwecke diesem Ölgemisch häufig noch bestimmte Zusätze, z. B. von Kopal oder Bernstein und dergleichen, gegeben.

Die Farbkörper, die in der Rostschutzfarben-Industrie gewöhnlich gebraucht werden, sind für graue Farbtöne meist reines Bleiweiß oder technisch reines Zinkoxyd mit einem ZnO-Gehalt von rd. 90 vH und den je nach Farbton nötigen Tönungsfarbstoffen (Beinschwarz, Graphit, Ruß u. a.). Die Verwendung von Lithopone für Rostschutzzwecke hat sich hingegen im allgemeinen nicht bewährt. Für rotbraune Töne werden natürliche Eisenoxydrote verwandt, und zwar werden unter ihnen die mit einem Gehalt von etwa 60 bis 80 vH Eisenoxyd für den Rostschutz bevorzugt. Die rote Bleimennige dient gewöhnlich zur Herstellung von Rostschutz-Grundierfarben, während die oben erwähnten Farbpigmente sowohl für Grundier- als auch für Deckfarben benutzt werden.

Außer Frage steht, daß für gute und einwandfreie Rostschutzfarben diese Farbstoffe selbstverständlich rein verwandt werden, d. h. ohne absichtliche Beimengungen von verbilligenden oder beschwerenden, stets die Deckkraft und meist auch die Rostschutzwirkung und Haltbarkeit herabsetzenden Verschnittmitteln, wie Schwerspat, Leichtspat, Kaolin, Blancfix, Kreide und dergleichen.

Vor dem Anstrich hat das Entrosten der zu streichenden Eisenflächen mit der größten Sorgfalt zu erfolgen, da der Grad des Rostschutzes geradezu von der guten oder schlechten Entrostung abhängig ist. Die Entrostung bezweckt hauptsächlich zweierlei: 1. soll das Entfernen des Rostes das Weiterfressen verhindern; 2. hat natürlich der Farbanstrich, der nicht unmittelbar auf das Eisen aufgetragen wird, eine nicht genügende Haftfähigkeit.

Es muß daher unter allen Umständen der restlosen und sorgfältigen Entfernung des losen Rostes wie auch der noch jeweilig fester sitzenden Flächenanrostungen größte Beachtung geschenkt und mit aller Strenge die Beaufsichtigung der Entrostarbeiten durchgeführt werden.

Von den in der Praxis gebrauchten drei Arten der Entrostung scheint man in letzter Zeit wieder auf die Handentrostung mit Hilfe von Stahl- und Eisenspachtel, sowie Stahlbürste zurückzukommen. Sie ist zwar sehr langwierig und mühevoll, hat jedoch bei gewissenhafter Ausführung und Nachprüfung den großen Vorteil unbedingter Sicherheit, da bei geschickter Handhabung entsprechend verschieden großer Spachteln und Bürsten auch aus den verstecktesten Winkeln und namentlich an den Nietköpfen und Ecken die letzten Spuren des Rostes gut entfernt werden können. Hingegen kann das Entrosten mittels mechanisch wirkender Rosthämmer oder Schlagwerkzeuge oder umlaufender Stahlbürsten eigentlich nur bei großen glatten Flächen mit Vorteil angewendet werden. Die dritte Art des Entrostens mittels Sandstrahlgebläses ist, wie auch die eben erwähnte, natürlich an das Vorhandensein der nötigen Einrichtungen und meist auch des elektrischen Stromes gebunden.

Ein abschließendes Urteil darüber, welches dieser Verfahren als das sicherste zu gelten habe, kann heute noch nicht gegeben werden. Es scheint aber, als ob man dem ersten Verfahren, der Handentrostung, den Vorzug gibt; entstehen doch bei dem mechanischen Sandstrahlgebläse häufig feine Risse und Rillen in dem durch den Sand mehr oder weniger stark aufgerauhten Eisen, in denen sich, namentlich bei feuchtem Wetter, Wasser und Wasserdampf ansammeln, was später zu Unterrostungen führen kann. Des weiteren kann auch durch die bei dem scharfen Aufprall des harten Sandes entstehende Wärme sehr leicht örtliche Rostbildung durch den Luftsauerstoff mit dem blanken Eisen eintreten und dieser neu gebildete Rost ebenfalls infolge Festhaltens von Feuchtigkeit zu späteren Unterrostungen führen.

Das Entrosten von bereits mit Farbanstrichen versehen gewesenen Eisenteilen hat sich erfahrungsgemäß nur auf die leicht zu entfernenden Farbanstriche und Anrostungen zu erstrecken, und es braucht daher der noch festhaftende, gut erhaltene und damit bewährte Anstrich nicht von dem Eisen entfernt zu werden.

Heute, wo man auch unbedingt sichere teerfeste Anstrichfarben liefern kann, ist es daher nicht mehr notwendig, Teer, Kumaronharz oder Teerfarben, die stets durch helle Rostschutzanstriche mehr oder weniger durchschlagen und richtiges Trocknen aufhalten, restlos zu entfernen. Es ist aber notwendig, beim Anstrich solcher Gegenstände stets diese Gefahr des Durchschlagens dadurch zu beseitigen, daß man als Grundanstrich statt gewöhnlicher Rostschutzfarben entsprechende teerfeste Grundfarben anbringen läßt.

Als weitere Vorbedingung dauerhaften Rostschutzanstriches ist unter allen Umständen darauf zu achten, daß zur Zeit des Auftragens eine möglichst trockene Witterung gewählt wird; denn es steht außer Zweifel, daß gerade die Nichtbeachtung dieses Umstandes sehr oft die Schuld daran trägt, wenn eine an sich gute Rostschutzfarbe nicht den erwarteten Schutz leistet. Denn nicht nur, wenn der Anstrich auf nasses, regenfeuchtes oder beeistes Eisen gelangt, versagen gewöhnlich auch die besten Rostschutzfarben, sondern auch, wenn bei regenfeuchter oder gar regnerischer oder schneeiger Witterung die Farben aufgetragen werden, nimmt der Ölanstrich infolge seiner mehr oder weniger starken Quellungseigenschaft Feuchtigkeit auf. Dieses im Öl gelöste Wasser führt dann, sofern es nicht während der Trocknung zu verdampfen Gelegenheit hat, meist schon innerhalb kurzer Zeit zu dem bekannten frühzeitigen Verwittern und Unterrosten auch einwandfreier Farbanstriche.

Handelt es sich um Rostschutzanstriche in geschlossenen Räumen, Kellern und dergl., dann ist unter möglichster Berücksichtigung des eben Besprochenen dafür zu sorgen, daß namentlich während des Streichens und des Trocknungsverlaufes für gute Lüftung (Sauerstoffzufuhr) gesorgt wird. Denn zu richtiger Trocknung einer guten Rostschutzfarbe, die innerhalb 12 bis 18 Stunden zu erfolgen hat, gehört Zufuhr reichlicher Mengen trockener Luft, damit der vorzeitigen Einwirkung von besonders in geschlossenen Räumen vorkommenden schädlichen Gasen (Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und dergl.) erfolgreich Widerstand geleistet wird.

Hat man es aber mit sehr ungünstigen Verhältnissen zu tun, etwa mit nicht durchlüftbaren Räumen (Bergwerkstollen, Kellergelassen, geschlossenen Hallen und dergl.), so wähle man zweckmäßig Ölrostschutzfarben, die an sich schon schnell trocknen, sei es durch entsprechenden Ölsikkativ-Zusatz oder besser noch durch erhöhten Gehalt an Holzöl und Kopal und dergl. Ein schnelleres Trocknen kann für haltbare Rostschutzfarbe nicht etwa durch Verwendung von Farben auf Harzbasis erreicht werden, sondern durch Farben, deren Ölbindemittel allein oder zusammen mit schnelltrocknenden Farbstoffen einer nicht so starken Luftsauerstoffzufuhr bedürfen wie gewöhnliche Leinölfirnisfarben. Hierher gehören z. B. die besonders schnelltrocknenden Rauchgasfarben für Lokomotivschuppen und Bahnhofshallen oder die Rostschutzfarben für Bergwerkstollen, Gärkeller und dergl., die bereits kurze Zeit nach dem Auftragen schon einer starken Beanspruchung zu widerstehen haben[1]). [M 571]

Wilhelmsburg bei Hamburg. Dr. A. Baudrexel.

[1]) Vergl. Hülsenkamp, Wirtschaftlichkeit beim Anstrich von Eisenbauwerken in Z. Bd. 68 (1924) S. 1006.

RUNDSCHAU.

Eisenhüttenwesen.

Die Ermittlung des Arbeitsbedarfes beim Walzen.

Wohl selten hat sich eine scheinbar nicht einmal verwickelt liegende wissenschaftliche Frage der Lösung so lange entzogen, wie die Ermittlung des Arbeitsbedarfes beim Walzen. An heißem Bemühen, freilich mehr theoretischer Art, hinter das Geheimnis des Walzvorganges zu kommen, hat es von den verschiedensten Seiten nicht gefehlt. Wenn trotzdem der Erfolg ausblieb, so lag es daran, daß man das Walzen als einen selbständigen Vorgang betrachtete und dabei übersah, daß es notwendig war, sich zuerst über einen viel „einfacheren" Vorgang, das Drücken, volle Klarheit zu verschaffen.

Schon seit langer Zeit hat sich der Verein Deutscher Eisenhüttenleute der Frage des Arbeitsbedarfes beim Walzen angenommen. Nachdem die älteren Bestrebungen einer theoretischen Klärung nicht zum Ziele führten, hat Dr. Puppe[1]) die Frage rein praktisch dadurch zu lösen versucht, daß er den Kraftbedarf der verschiedenartigsten Walzenstraßen bei den verschiedenen Profilen genau feststellte. Dadurch waren wenigstens Anhaltpunkte für die Anlegung neuer, namentlich elektrisch angetriebener Straßen gewonnen. Der später gebildete Walzwerksausschuß war dann bemüht, die Walzfrage auch theoretisch einer Lösung entgegenzuführen.

Der Einfluß einer kurz vor dem Krieg erschienenen Arbeit von Dr.-Ing. Riedel[2]) über die Ermittlung des Arbeitsbedarfes beim Schmieden, die den Druckvorgang auf Grund von Versuchen eingehend untersuchte, machte sich hierbei insofern schon geltend, als man erkannte, daß die damals noch vorherrschende Theorie vom verdrängten Volumen keinen richtigen Maßstab für den Arbeitsbedarf beim Walzen geben konnte. Aus der genannten Arbeit ergab sich nämlich, daß die Arbeitsleistung auch bei gleichem verdrängten Volumen je nach der Höhe des Blockes verschieden sein konnte. Dadurch kam es, daß dann die von Dr.-Ing. Kiesselbach[3]) (erneut) aufgestellte und zur Berechnung von Antriebmaschinen für Walzwerke benutzte, in den 70er Jahren von Fink zuerst angegebene, logarithmische Formel für den Arbeitsbedarf in den Vordergrund rückte. Von einer scheinbar richtigen Annahme ausgehend, hatte sie vor allem den Vorzug, daß sie einfach und rechnerisch leicht zu handhaben war. Es zeigte sich jedoch bald, daß sie, wie die Formel für das verdrängte Volumen, auch immer nur für einen engen Umformungsbereich Geltung hatte, und daß sie besonders dann zu abweichenden Werten führte, wenn von einem Stabe mit schlankem Querschnitt zu einem sehr flachen Stabe übergegangen wurde. Bei näherer Betrachtung ergab sich, daß die grundlegende Annahme eben doch nicht zutreffend ist.

Riedel[4]) hatte inzwischen in einer kurzen Arbeit im Jahre 1917 auf Grund von Versuchen die aus dem Druckversuch sich ergebende Rutschflächenlehre auf den Walzvorgang übertragen und dessen physikalische Seite zu klären versucht. Er zeigte, daß das Walzen in der Hauptsache ein ununterbrochener Druckvorgang ist, bei dem die beanspruchte Stelle nicht etwa der Stabquerschnitt, wie dies bei den eben geschilderten Theorien immer angenommen wurde, sondern das Stück des Längsquerschnittes ist, das sich zwischen den Walzen befindet, Abb. 1 bis 3, wobei im Sinne der Rutschflächenlehre die Umformung in den schräg dazu verlaufenden Rutschflächen vor sich geht. Riedel wies vor allen Dingen auf Grund seiner Versuche auf den großen Einfluß der Umformgeschwindigkeit auf die Höhe des spezifischen Druckes von glühendem Eisen hin. Aus diesen Versuchen folgt, daß die bisher beim langsamen Pressen ermittelte Quetschziffer, rd. 10 kg/mm², keinesfalls auf den meist bei großer Geschwindigkeit verlaufenden Walzvorgang übertragen werden darf, wie dies zum Teil heute noch geschieht.

In einer nach dem Krieg erschienenen ausführlicheren Arbeit von Dr.-Ing. Liß[5]) wird ebenfalls zum Ausdruck gebracht, daß die Beanspruchung des Walzstabes in einem Teile des Längsquerschnittes vor sich geht. Liß rechnet eine große Anzahl der Puppeschen Versuche nach und kommt zu bisher nicht gekannten hohen Beanspruchungsziffern für das Eisen. Fast gleichzeitig unternahm es dann Riedel, seine weniger in den Ergebnissen als in den Grundlagen von denen von Liß abweichenden Anschauungen ebenfalls an der Hand von Beispielen aus den Puppeschen Versuchen genau zahlenmäßig auseinanderzusetzen[6]). Die aus diesen verschiedenen Beispielen sich ergebende Übereinstimmung zeigte, daß sich die Rutschflächenlehre mit Erfolg auf den Walzvorgang anwenden läßt. In der auf diese Ergebnisse fußenden, einfachen Formel für den Walzbedarf kommt der entscheidende Einfluß der Stabhöhe deutlich zum Ausdruck. Ferner erschien dann eine Arbeit von Siebel[7]), der weniger scharf voneinander zu trennende Zonen beim gedrückten Körper annahm.

Diese verschiedenen neueren Anschauungen über den technologischen Vorgang des Walzens beschäftigten den Walzwerksausschuß zu wiederholten Malen, zuletzt im Mai vorigen Jahres in Hagen, im kleinen Kreis auf Grund von vier Berichten von Liß, Riedel, Siebel und Hübers[8]). Zu dieser Aussprache war eine Reihe von Fachmännern eingeladen, die sich wissenschaftlich und praktisch mit dieser Frage beschäftigten. Außer mehreren Professoren und Hochschullehrkräften waren auch Vertreter des Eisenforschungsinstituts Düsseldorf, der Universität Göttingen sowie eine Anzahl Leiter von Versuchsanstalten großer Eisen- und Stahlwerke erschienen. Da bei einer solchen Aussprache leicht die Gefahr besteht, daß einzelne Herren starr an ihrem Standpunkt festhalten und so der Zweck der Aussprache, das Gemeinsame herauszufinden, leicht verfehlt wird, erwies es sich als förderlich, daß Riedel am Schlusse seines Berichtes hervorhob, es möchte weniger das Trennende als das Gemeinsame in den Anschauungen unterstrichen werden.

Dr.-Ing. Siebel, der bisher beim Druckvorgang Zonen verschiedener Beanspruchungen unterschied, brachte überraschenderweise eine Theorie über die Verschiebung der einzelnen Teile in einem beanspruchten Körper und erläuterte dann hierzu den sich hieraus ergebenden Begriff der „Fließscheide", der aber weiter nichts ist als ein anderer Ausdruck für Rutschfläche. Hatte die Rutschflächenlehre durch die Siebelschen Ergänzungen eine gewisse Unterstützung gefunden, so brachte die Aussprache in dem ausführlichen, von einer Reihe lehrreicher Lichtbilder begleiteten Bericht von Dr. Nádai des Physikalischen Instituts der Universität Göttingen weitere hervorragende Belege für die Richtigkeit der Rutschflächentheorie. Um die als Folge der beim Drücken bildsamer Körper auftretenden Spannungen hervorgerufenen Verschiebungen räumlich sichtbar zu machen, wurde in sinnreicher Weise für den gedrückten Körper ein durchscheinender Stoff verwendet, der die Eigenschaft hat, bei Erreichen besonderer Spannungszustände an den betreffenden Stellen in eine rote und damit sichtbare Farbe überzugehen. Auf diese Weise war es möglich, die Verschiebungen innerhalb des Körpers in ihrer Gesamtheit photographisch aufzunehmen. Bei dem bisherigen Metallätzverfahren kann dies immer nur für eine Schnittebene erreicht werden. Dr. Nádai konnte zeigen, wie tatsächlich aus dem äußersten Rande der gedrückten Endflächen von Zylindern strahlenförmige Linien in das Innere laufen mit einer mittleren Richtung, die mit dem sogenannten Rutschwinkel übereinstimmt. Mit diesem Verfahren hatte man ein wertvolles Hilfsmittel gewonnen, um die lediglich auf Grund von Druckdiagrammen und der äußeren Gestaltung der Probekörper festgestellten Rutschkegel im Innern des Körpers selbst sichtbar zu machen.

Dr.-Ing. Scholl[9]), Assistent der Technischen Hochschule Aachen, berichtete weiterhin, daß die im dortigen mechanisch-technologischen Institut vorgenommenen ausgedehnten Versuche

Abb. 1 bis 3. Vorgang beim Walzen eines quadratischen Stabes.

a, *b* Rutschflächen *c* Endwalzquerschnitt *d* Anfangswalzquerschnitt
e die dem oberen und unteren Rutschkörper gemeinsame Grenzfläche
f Ausgangspunkt der äußerlich erkennbaren Ausbauchungslinien
P_1, P_2 Druckkräfte *L* Längskraft *β* Rutschwinkel.

[1]) Puppe, Versuche zur Ermittlung des Kraftbedarfs an Walzwerken, Verlag Stahleisen 1909.
[2]) Forschungsheft Nr. 141 des V. d. I.
[3]) „Stahl und Eisen" Bd. 34 (1914) S. 157.
[4]) „Stahl und Eisen" Bd. 37 (1917) S. 1133.
[5]) „Stahl und Eisen" Bd. 42 (1922) S. 689.
[6]) Walzwerksausschuß, Bericht Nr. 27, Verlag Stahleisen, Düsseldorf.
[7]) Walzwerksausschuß, Bericht Nr. 28.
[8]) Walzwerksausschuß, Bericht Nr. 32.
[9]) Diss. Aachen.

über die Feststellung der Rutschwinkel verschiedener Metalle wie die ferner an Zugstäben vorgenommenen Untersuchungen durchaus in Einklang mit der Rutschflächenlehre stehen. In der weiteren eingehenden Erörterung, an der der größte Teil der Anwesenden teilnahm, wurden eine ganze Reihe von Feststellungen und Erfahrungen vorgebracht und es herrschte Übereinstimmung, daß in der Tat die Rutschflächenlehre eine praktische Grundlage für die Umformung bildsamer Körper abgibt.

Es ist zu hoffen, daß die durch diese Gemeinschaftsarbeit erkannte Grundlage den Ausgangspunkt weiterer Untersuchungen über den Walzvorgang abgibt und namentlich hinsichtlich der Kalibergestaltung und der Ermittlung des Arbeitsbedarfes wertvolle Erkenntnisse bringt. Wie wichtig das wäre, geht allein schon daraus hervor, daß die Hälfte der Gestehungskosten von Walzstahl durch den Aufwand von Walzenergie bedingt ist. [M 572]

Anwendungsbeispiele der Großzahlforschung.

In dieser Zeitschrift ist bereits früher[1]) näheres über die Großzahlforschung als neues Arbeitsverfahren für Industrieforschung und Betriebsuntersuchungen berichtet worden. Eine neue Arbeit[2]) bringt nun zahlreiche Beispiele aus der Praxis, die das weite Anwendungsgebiet der Großzahlforschung gut kennzeichnen. Im folgenden sollen einige Anwendungen mitgeteilt werden; zum näheren Studium muß auf den Aufsatz oder auf die ausführlichere Broschüre „Großzahlforschung"[3]) verwiesen werden.

Abb. 4 zeigt eine Häufigkeitskurve, wie sie zur Berechnung der durch scharfe Abnahmevorschriften und enge Toleranzen eintretenden Verteuerung des Erzeugnisses benutzt wird. Angenommen die Eigenschaftswerte, z. B. der Durchmesser eines Schraubeneisens, schwanke normalerweise infolge Herstellungseigenarten zwischen den Grenzen d und g um den Normalwert b, so würden durch Einführung der engeren Toleranzen a und c die gestrichelten Flächen nicht mehr abgenommen werden. Aus dem Verhältnis ihres Flächeninhalts zur Gesamtfläche der Kurve läßt sich der Hundertsatz des Ausfalls und damit die notwendige Preiserhöhung errechnen.

G. Sachs[4]) hat neuerdings darauf hingewiesen, daß die Streuungsmaße selbst einen wichtigen Gütemaßstab darstellen. Ein stets gleichmäßiger Stoff mit enger Streuung muß vom Abnehmer und Konstrukteur erheblich höher bewertet werden. In Amerika hat man erkannt, daß die höchste Wirtschaftlichkeit aller Betriebe im gleichmäßigen Arbeitsgang liegt. Man sucht selbst unter Aufwendung erheblicher Kosten schon mit gleichmäßigen Rohstoffen zu arbeiten, weil sich die Gleichmäßigkeit im gesamten Herstellungsgang bezahlt macht. Zur Überwachung lassen sich aber nicht die üblichen Mittelwerte, sondern nur die Häufigkeitskurven der Großzahlforschung bzw. die „Großzahltafel" verwenden.

Abb. 5 und 6 zeigen die Anwendung der Großzahlforschung zur Beurteilung von Laboranten. In einem längeren Zeitraum wurden die Abweichungen von Kontrollanalysen aufgezeichnet. Die Gesamtreihen C und P zeigen die Verteilung der Abweichungen für die Kohlenstoff- und Phosphoranalyse bei allen Laboranten. Aus den gestrichelten Kurven der Einzellaboranten ist sofort zu erkennen, daß Laborant D am sichersten, F dagegen sehr unzuverlässig arbeitet.

In ähnlicher Weise lassen sich natürlich die Arbeiten von Rechnungsabteilungen, Arbeitern, die mit Kontrollmessungen beschäftigt sind, oder auch die Meßinstrumente selbst vergleichen und überwachen.

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S. 643.
[2]) „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 79 u. 109.
[3]) K. Daeves, Großzahlforschung, Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf 1922.
[4]) „Stahl und Eisen" Bd. 44 (1924) S. 941/6.

Abb. 4. Häufigkeitskurve für die Bewertung von Abnahmevorschriften.

Abb. 5. Verteilung der Analysenfehler bei Kohlenstoffbestimmungen für verschiedene Laboranten. Laborant A arbeitet am besten.

Abb. 6. Verteilung der Analysenfehler bei Phosphorbestimmungen für verschiedene Laboranten. D arbeitet am besten, F sehr ungleichmäßig.

Abb. 7 gibt die Häufigkeitskurven für den Heizwert von Generatorgas wieder. Man erkennt, daß trotz ähnlicher Mittelwerte Schicht B am schlechtesten arbeitet. In gleicher Weise werden Kohlensäuregehalte in den Abgasen von Feuerungen überwacht. Man vergleicht aufeinanderfolgende Monate oder die drei Arbeitschichten oder endlich die vorhandenen Kesselbatterien. Nicht nur die Lage des Höchstwertes, sondern vor allem die Regelmäßigkeit der Schaulinie, die erst den zwangläufig arbeitenden Betrieb kennzeichnet, ist von Bedeutung.

Durch Großzahlforschung wurde ermittelt, daß der Faktor Festigkeit : Brinellhärte bei Schienen ganz regelmäßig um den Wert 0,36 schwankt; man muß aber mit einer normalen Streuung von 0,3 bis 0,42 rechnen.

Die erste Nachprüfung der Großzahlforschung in der Praxis fand durch eine Gemeinschaftsarbeit des Vereins deutscher Eisenhüttenleute statt. Es sollten die für normalen Walzstahl geltenden Beziehungen zwischen der Analyse und den Festigkeitseigenschaften festgestellt werden. Aus den zahlreichen Ergebnissen seien Abb. 8 und 9 wiedergegeben, die für den Konstrukteur von besonderer Bedeutung sind. Man kann aus den Schaubildern die für jeden Kohlenstoffgehalt normalerweise zu erwartende Festigkeit und Dehnung sowie den Schwankungsspielraum, der für die Sicherheit der Konstruktion maßgebend ist, erkennen; weiter aber durch Auswertung beider Schaubilder für einen gegebenen Kohlenstoffgehalt sofort die für jede Festigkeit normalerweise zu erwartende Dehnung nebst Grenzwerten ablesen.

Ein Hauptanwendungsgebiet der Großzahlforschung sind die Betriebsversuche. Das Mißtrauen des Betriebsmannes gegen Laboratoriumsversuche ist zum Teil mit Recht darin begründet, daß sich die Ergebnisse solcher unter einfachsten Verhältnissen mit genauen Meßgeräten durchgeführten Versuche oft bei ihrer Anwendung auf die Praxis ins Gegenteil verkehren, weil dort die Unzahl der Nebenumstände einen entscheidenden Einfluß ausübt. Die Großzahlforschung verfährt zur Behebung von Betriebschwierigkeiten etwa wie folgt: Angenommen, es tritt bei der Herstellung von Metallteilen im Endergebnis ein Fehler auf, der erheblichen Ausschuß verursacht. Man stellt nun eine Reihe von Schmelzungen her, die in allen Arbeitsgängen bei möglichst verschiedenen Gieß- und Walztemperaturen, Schmelzdauern, Abkühlverhältnissen, Glühtemperaturen verarbeitet werden. Alle Abweichungen werden gemessen und aufgezeichnet, ebenso die am Endergebnis auftretenden Fehler. Es muß weiter durch Stempelung und Aufzeichnung Vorkehrung getroffen sein, daß sich für jeden Teil des Fertigerzeugnisses nachträglich Gießtemperatur, Glühbehandlung usw. feststellen läßt.

Nun stellt man rein rechnungsmäßig alle die Fertigteile zu einer Gruppe zusammen, die bei hohen Gießtemperaturen, weitere Gruppen, die bei tieferen, bei mittleren und ganz tiefen Temperaturen vergossen sind, und bestimmt für jede Gruppe den Vomhundertsatz der Fehler. Man wird dann entweder finden, daß das Verhältnis mit der Gießtemperatur steigt oder fällt, oder daß er unabhängig von ihr ist. In gleicher Weise bildet man Gruppen mit verschiedenen Walztemperaturen, verschiedener Glühbehandlung usw. und erhält so stets für die gleichen Stoffmengen, im gleichen einmaligen Versuch, den Einfluß aller Umstände, die überhaupt gemessen sind, zahlenmäßig ausgedrückt.

Für die laufende Erzeugung werden dann auf Grund dieser Beobachtungen Regeln ausgearbeitet, die jeden Arbeitsgang nach dem günstigsten Werte hinlenken. Der Erfolg ist stets über-

Abb. 7. Häufigkeitskurven für den Heizwert von Generatorgas. Teilkurven für drei Arbeitsschichten. Schicht *A* hat zwar die besten Heizwerte, arbeitet aber ungleichmäßig (Höchstwerte bei 1150 und 1250 Kalorien).

Abb. 8. Festigkeit und Kohlenstoffgehalt für S-M-Stahl. Die ausgezogene Gerade verbindet die Normalwerte (o). Die stark gestrichelten Linien verbinden die oberen bezw. unteren +-Streuungsgrenzen. Die dünn gestrichelte Gerade bezieht sich auf kälter gewalzten Stahl.

Abb. 9. Dehnung und Kohlenstoffgehalt von S-M-Stahl. Normalwerte (o) sowie obere und untere Streuungsgrenze (+).

raschend, weil er ohne kostspielige Untersuchungen, ohne Laboratorium oder Versuchsanstalt sich auf Grund einfacher, nicht besonders genauer Betriebsmessungen einstellt und das Fehlerverhältnis oft von 30 vH und mehr auf verschwindend niedrige Ausfälle dauernd herabdrückt.

Auch hier stellt die Großzahlforschung gewissermaßen zahlenmäßig ausgedrückte Erfahrung dar, die stets vom Betriebsmann mit Recht hoch bewertet wurde, und so ist es erklärlich, daß sich das neue Auswertungs- und Überwachungsverfahren sehr rasch in der Eisenindustrie durchgesetzt hat, neuerdings aber auch in steigendem Maße von Großbetrieben anderer Art, Metallwerken, Glashütten, Großabnehmern angewendet wird.

Düsseldorf. [M 385] Dr.-Ing. Karl Daeves.

Chemische Apparate.

Die Bemessung von ununterbrochen arbeitenden Destillierapparaten[1].

Die Bemessung von Destillierapparaten für die Alkoholgewinnung richtet sich ganz nach den zu verarbeitenden Stoffen, insbesondere nach deren voraussichtlichem Alkoholgehalt, deren chemischer Beschaffenheit (Neigung zur Schwämmung usw.) sowie der gewünschten Konzentration des Erzeugnisses; sie muß deshalb den jeweils in Frage kommenden Verhältnissen und Ansprüchen angepaßt werden. Konstruktionstafeln haben deshalb nur bedingten Wert, und man darf sie nicht schematisch anwenden.

Für unsere deutschen Verhältnisse kommen zurzeit in der Hauptsache nur zwei Bauarten dieser Geräte in Betracht, die einander äußerlich völlig gleichen und nur hinsichtlich der Beschaffenheit des zu verarbeitenden Rohstoffes, dessen Alkoholgehalt und Mengen in Einzelheiten leicht voneinander abweichen.

Es betrifft dies: 1. Geräte für Betriebe, die sogenannte Dickmaischen von etwa 10 vH Alkoholgehalt aus stärke- und zuckerhaltigen Stoffen verarbeiten (landwirtschaftliche Betriebe) und 2. Apparate für Preßhefefabriken, die klare Würzen von 1 vH Alkoholgehalt verarbeiten wollen. Für diese beiden Gerätearten seien nachstehend einige in der Praxis erprobte Werte mitgeteilt.

1. Ununterbrochen arbeitende Apparate für landwirtschaftliche Betriebe werden in der Regel in kleineren Abmessungen für 1000 und 2000 l/h Maischeverarbeitung verlangt und sollen heute ein Erzeugnis mit 94 Gewichts-Hundertteilen Alkohol liefern, weil dafür ein höherer Preis erzielt wird als für das bisherige Erzeugnis mit etwa 90 vH Raumteilen, außerdem aber Fuselöl mit Erfolg nur gewonnen werden kann bei hochgradigem Abtrieb.

Ein Apparat für einen Maischeabtrieb von 1000 l/h erhält zweckmäßigerweise eine Destilliersäule (Abtrieb-, Maischesäule) von 600 mm l. Dmr. mit 13 Glockenböden, die 275 mm Abstand voneinander haben. Die Überlaufstutzen von rd. 90 mm Dmr. sind möglichst nahe dem äußeren Bodenrand einzusetzen, damit die Glocke einen möglichst großen Durchmesser erhalten kann.

Die auf dem Boden zu erhaltende Flüssigkeitsschicht, entsprechend der Höhe des Überlaufstutzens über der Unterkante der Glocke betrage 50 mm. Der über den Boden herausragende Teil des Überlaufstutzens ist der leichteren Reinigung (Durchspülung) der Säule wegen zum Herausheben einzurichten, muß aber gut schließen und darf nicht durch die kochende Masse herausgerissen werden können. Überhaupt ist auf die Herstellung der ganzen Säule und besonders der vollkommenen Dichtheit der Boden die größte Sorgfalt zu verwenden; denn bei auch nur einem leer gelaufenen Boden ist der Apparat sehr schwer in Gang zu setzen, weil dann die Dämpfe nicht mehr die Flüssigkeitsschichten durchbrechen, sondern den Weg durch den nicht mehr durch Flüssigkeit geschlossenen Überlaufstutzen wählen, wodurch die frische Maische am Herabsinken in der Säule gehindert wird und das gefürchtete Übertreiben der Maische oft bis in den Spiritusauslauf und das Meßgerät eintritt.

Über dem obersten Boden der Maischesäule schafft man einen leeren Raum von 800 bis 1000 mm Höhe, um den oft auftretenden Schaum am Eintritt in die Spirituskolonne zu hindern und auf diesen stellt man, wenn die Höhe des Raumes es irgend gestattet, die Spiritussäule (Verstärkungssäule), weil dann der Apparat am billigsten bei Anschaffung und am wirtschaftlichsten im Betriebe wird. Auch ist er viel leichter und sicherer zu führen als ein solcher, bei dem die Spirituskolonne der mangelnden Raumhöhe wegen daneben gestellt werden muß, was den Unterbau einer weiteren, sogenannten Erschöpfungskolonne zum Reinaustrieb des Lutters und einen zweiten Dampfeingang zum Nachtreiben dieser Säule bedingt. Gerade die richtige Einstellung dieses zweiten Dampfeinganges ist sehr schwer und veranlaßt oft, auch bei sonst richtigen Verhältnissen, daß die gewünschte Hochgradigkeit nicht erreicht wird, daß unreiner Antrieb entsteht usw.

Für die Spiritussäule kommen ihrer Billigkeit und geringsten Höhenbeanspruchung wegen hauptsächlich Siebböden in Frage, die man der doppelt so großen Lebensdauer wegen nicht mehr aus Kupfer, sondern aus Messing herstellen sollte, wie sich aus weiter unten stehenden Darlegungen ergibt.

Als Durchmesser der Verstärkungssäule bei einer Spirituserzeugung von 94 vH Gewichtsteilen wähle man 510 mm (0,250 m² Querschnitt) auf eine Erzeugung von 1 hl/h abs. Alkohol. Die Bodenzahl beträgt 30 in Abständen von 150 mm. Die Sieblöcher haben 2,5 mm Dmr. und 10 mm allseitigen Abstand voneinander. Als geeignetster Dephlegmator für diesen Apparat empfiehlt sich der von fast allen guten Apparatebaufirmen hergestellte gußeiserne Körper mit wagerechten, eingewalzten Messingröhren, durch die in der unteren Hälfte Maische, in der oberen Kühlwasser geleitet wird. Gesamtkühlfläche rd. 10 m². Als Kühler für den fertigen Spiritus kann ein beliebiger Röhren-, Schlangen- oder Flaschenkühler von 3 m²/hl h Kühlfläche angewendet werden, eine Wasseranfangstemperatur von 10 °C vorausgesetzt. Für Kühlwasser, das zu Ausscheidungen neigt, sollten nur Röhrenkühler benutzt werden.

2. Gerät zur Verarbeitung von klarer Hefewürze mit durchschnittlich 1 vH Alkoholgehalt.

Diese Geräte werden am häufigsten für 6000 bis 15 000 l/h Würzeabtrieb verlangt. Hier sollen Erfahrungswerte für ein solches mit 10 000 l/h Würzeabtrieb mitgeteilt werden, wie ich sie seit 15 Jahren für Konzentrationen bis zu 95 vH Gewichtsteilen geliefert habe.

Der Durchmesser der Würzesäule beträgt hier 1250 mm (1,227 m² Querschnitt) mit 17 Glockenböden, die mit 400 mm Abstand in die Säule eingebaut sind. Glockendurchmesser 800 mm, Überlaufstutzen-Durchmesser 150 mm, Höhe der Durchbrechungsschichten 50 mm, Schaumfänger möglichst noch höher als bei 1., mindestens aber 1000 mm. Auf dieser Säule steht, durch ein Reduzierstück verbunden, die Spirituskolonne von 750 mm Dmr. mit 30 Siebböden für 94 und 40 für 95 vH Gewichtsteile Spritstärke. Abstand der Siebböden voneinander ebenfalls 150 mm, Lochung 2,5 mm Dmr. bei 10 mm allseitigem Lochabstand, genau wie bei 1. Der größere Durchmesser der Spiritussäule ist erforderlich wegen des höheren Wassergehaltes der aufsteigenden Destillationsdämpfe. Als Dephlegmatoren verwende ich hier zylindrische Kupfergefäße mit senkrechtstehenden Röhren aus Messing, die zwar etwas weniger leisten als die unter 1. beschriebenen, sich aber bequemer (sogar während des Betriebes) reinigen lassen, was für Preßhefefabriken mit ihrem ununterbrochenen Betriebe sehr wesentlich ist.

[1] Vergl. E. Hausbrand, Die Wirkungsweise der Rektifizier- und Destillierapparate, 4. Aufl., Berlin 1921, Julius Springer.

Die Kühlfläche des Dephlegmators beträgt 25 m²; die Würze, die bei 27 bis 28 °C Eintrittstemperatur auf rd. 50 °C erwärmt wird, genügt als alleiniges Kühlmittel. Übersteigt jedoch der Alkoholgehalt der Würze 1 vH wesentlich, so genügt die Würze nicht mehr zur Kühlung; es ist deshalb vorteilhaft, von vornherein auch hier einen Zusatz-Dephlegmator für Wasserkühlung einzuschalten, der die gleichen Abmessungen erhält wie der für Würze und bei etwaigen Ausbesserungen mit diesem ausgetauscht werden kann, wodurch die Verwendungsfähigkeit des Apparates wesentlich erhöht wird.

Ich versehe diese Apparate außerdem mit einer selbsttätigen Regelung des Dampf- und Würzezutrittes (DRP Nr. 222 875), regelbarem Spritabzug und Fuselölabscheidung einfachster und zuverlässigster Art, die seit 15 Jahren im Betrieb ausgeprobt worden sind.

Hinsichtlich der oben angedeuteten Verwendbarkeit verschiedener Baustoffe habe ich Folgendes festgestellt: In einer bekannten großen Preßhefefabrik machte sich nach 14 Betriebsjahren und stärkster Beanspruchung der Einbau neuer Glockenböden in einen Apparat meiner Bauart notwendig. Dabei stellte sich heraus, daß ein kupferner Boden von 1250 mm Dmr. und 6 mm Dicke, der neu 61 kg gewogen hatte, nur noch 29 kg wog, also 32 kg = 52,4 vH seines Gewichtes verloren hatte. Weil diese Abnutzung sich nicht gleichmäßig über den ganzen Boden verteilte, sondern an den am meisten beanspruchten Stellen fast bis zur gänzlichen Aufzehrung vorgeschritten war, so mußte der Boden erneuert werden, obwohl der Gewichtsverlust allein dies noch nicht zu rechtfertigen scheint.

Die aus Metallguß hergestellte Glocke dieses Bodens wog neu 50 kg bei 6 mm Wanddicke und wog jetzt 37 kg, hatte bei fast gleichmäßiger Abnutzung also nur 13 kg = 26 vH an Gewicht verloren und konnte wieder verwendet werden. Sie dürfte wohl auch den zweiten Kupferboden noch überleben, der wegen der Abnutzung der Säule nur noch 5 mm dick gewählt wurde.

Ein Satz kupferner Siebböden in diesem Apparat war nach 4½ Jahren völlig zerstört, während die Messingböden des neuen Apparates 9½ Jahre ausgehalten hatten.

Jedenfalls hat sich durch diese Feststellungen zur Genüge gezeigt, daß Messing durch verdünnte Säuren, wie sie hier vorkommen, oder auch durch mechanische Beanspruchung weit weniger angegriffen wird als Kupfer. Aber auch bei Messing müssen diejenigen Teile, die in die Flüssigkeit eintauchen, ganz besonders aber die, an denen Flüssigkeit herabrieselt, oder an die Flüssigkeit spritzt, stärker bemessen werden als andere, wenn die ganze Einrichtung annähernd gleichmäßig aufgebraucht werden soll. Auch dem leichteren Abbau eines solchen Apparates zwecks Erneuerung einzelner Innenteile wird bei Neuentwürfen größere Aufmerksamkeit zu widmen sein; denn bei der jetzigen Bauweise werden bei etwa nötigen Ausbesserungen die noch heilen Außenteile überflüssigerweise beschädigt.

Liebertwolkwitz, Bez. Leipzig. [N 486] H. Illgen.

Elektrische Meßgeräte.

Höchst- und Überverbrauchzähler für elektrische Arbeit[1].

Der Grundgebührentarif hat sich in jüngster Zeit in einer Reihe von Elektrizitätswerken eingeführt und macht dauernd Fortschritte. Die Frage, auf welcher Grundlage die Gebühr festgesetzt werden soll, bietet jedoch seiner Verwendung in größerem Maße Schwierigkeit. Man ging zunächst von dem Grundsatz aus, die Höhe der Gebühr solle mit der Größe des Verbrauches nichts zu tun haben; sie solle von ganz andern Faktoren: von der Zahl der Brennstellen, von der Zimmerzahl, von der Größe der beleuchteten Grundfläche, von der Wohnungsmiete usw., abhängig gemacht werden.

Neuerdings will man nun doch einen gewissen Zusammenhang zwischen Verbrauch und Grundgebühr festlegen, aber nur in der Weise, daß sie von dem Höchstverbrauch oder von einem Überverbrauch über eine vereinbarte Grenze hinaus abhängig sein soll. Es gehört also zu jedem Zähler noch eine zusätzliche Vorrichtung, die in dem einen Falle den Höchstverbrauch, in dem andern Falle den Verbrauch jenseits einer vereinbarten Belastungsgrenze anzeigt. Diese Vorrichtung darf erst jenseits des Zählwerkes angreifen, das, wie das Gesetz es vorschreibt, den Verbrauch in Kilowattstunden aufgezeichnet haben muß.

In diesem Zusammenhang ist den Zählerfabriken die Aufgabe gestellt worden, einen b i l l i g e n Höchstverbrauchzähler zu bauen. Ob dies überhaupt möglich ist, läßt sich von vornherein nicht sagen. Aber jedenfalls wird es einige Zeit dauern, bis solche Neukonstruktionen mit genügender Sicherheit praktisch bewährt sind. Bis dahin stehen zwei Auswege frei. Man verwendet die schon seit vielen Jahren als zuverlässig bekannten, wenn auch kostspieligen Konstruktionen und rechnet einen Tilgungssatz für sie in die Grundgebühr ein, oder man trifft das Abkommen der Verrechnung nur mit einer Verbrauchergruppe — Hausbesitzer, Ortsvorstand und dergl. — und überläßt es dieser,

[1] Mitteilung der Zählerfabrik der AEG.

a Mitnehmer mit Schleppzeiger
b gewöhnliches Zählwerk.

Abb. 10. Schema des Höchstverbrauchzählers für elektrische Auslösung.

sich mit den eigentlichen Verbrauchern irgendwie, jedenfalls aber ohne kostspielige Einrichtungen, auseinanderzusetzen.

In jedem Fall handelt es sich dann um Zusatzgeräte zum Zähler, die sehr wichtig geworden sind. Dieser Höchst- oder Überverbrauchanzeiger, Abb. 10, besteht aus einem Zählwerk mit Zeiger *a*, das eine Fortsetzung des gewöhnlichen, vom Zähler betätigten Zählwerkes *b* darstellt. Der Zeiger besteht aus einem Mitnehmer und einer losen Nadel, dem Schleppzeiger, der über einer Skala verschoben werden kann, aber nur in e i n e r Richtung, nämlich in der des Uhrzeigers. Zunächst läuft der Zeiger synchron mit dem Zählwerk und zeigt auf einer Skala, über der er angeordnet ist, dieselbe Zahl verbrauchter Kilowattstunden an, die das springende Zählwerk in der Zwischenzeit verzeichnet hat. Nach Ablauf einer gewissen Zeit, z. B. nach einer Viertelstunde, wirkt ein Uhrwerk auf den Mitnehmer ein und stellt ihn auf „null" zurück. Der Schleppzeiger aber bleibt stehen und gibt also an, wieviel Kilowattstunden während der Viertelstunde in der Anlage verbraucht worden sind. Auf diese Weise ist der Zähler, soweit seine Anzeige in Frage kommt, in einen Leistungsmesser umgewandelt. Denn Wattstunden während einer Viertelstunde sind nichts andres als Watt. Wenn z. B. 844 Wattstunden in einer Viertelstunde als verbraucht angezeigt worden sind, so ist das genau so, als ob eine stetige, nicht wechselnde Belastung, eine Durchschnittsbelastung von 3376 Watt eine Viertelstunde lang geherrscht hätte. Der Zähler ist also zu einem Leistungsmesser mit viertelstündig gleichbleibender Belastungsanzeige geworden.

In einem zweiten Zeitabschnitt kann der Verbrauch und damit auch die Umdrehungsgeschwindigkeit der Zählerachse größer oder kleiner sein als in der ersten. Ist sie größer, so wird der Mitnehmer den Schleppzeiger vor Ablauf von 15 min erreichen und auf eine neue Stellung vorwärts schieben. Ist sie kleiner, so wird der Mitnehmer den Schleppzeiger gar nicht erreichen und in seiner vorigen Stellung liegen lassen. In jedem Falle wird also durch den Zeiger der Höchstwert der Belastung angegeben, der irgendwann während einer Verrechnungszeit erreicht worden ist.

Der Zeitabschnitt von einer Viertelstunde ist allgemein üblich, und zwar nicht auf Grund willkürlicher Festsetzung, sondern praktischer Erfahrung. Kleinere Abschnitte schädigen den Verbraucher, größere das stromliefernde Werk.

In Gleichstromanlagen ist man gezwungen, für die Bemessung der Viertelstunde eine Uhr mit dem Zähler zu vereinigen. In

Abb. 11. Schema des Überverbrauch-Zählwerkes.

a Zahnrad *b* Achse *e* Achse *d* Kronenrad *c, f* Sonnenräder eines Differentialgetriebes *g* Planetenrad des Differentialgetriebes *h, i* Sperrklinken *k* Zählerachse.

Wechsel- und Drehstromanlagen wird statt dessen ein kleiner in den Spannungsstromkreis geschalteter Ferrarismotor benutzt, der die Auslösung mit ausreichender Genauigkeit der Zeitangabe bewerkstelligt.

Man kann bei der Vereinbarung der Höhe der Grundgebühr auch von dem sogenannten Überverbrauch- oder Spitzentarif ausgehen. Dieser gewährt dem Verbraucher einen gewissen Preis der verbrauchten Kilowattstunden, solange eine bestimmte Grenze der Belastung nicht überschritten wird. Darüber hinaus ist ein höherer Preis zu zahlen. Auf die Grundgebühr übertragen heißt das, daß es in den Händen des Verbrauchers liegt, sich den Strompreis zu verbilligen, wenn er es versteht, starke gleichzeitige Belastungen, die dem Elektrizitätswerk unbequem sein können, zu vermeiden.

An dem Zähler müssen also zwei Zählwerke vorhanden sein, das eine, das alle Kilowattstunden bei schwächerer Belastung, und das andre, Abb. 11, das den Verbrauch bei stärkerer Belastung, als die vereinbarte Grenze ausbedingt, aufzeichnet. Außerdem muß eine Vorrichtung mit dem Doppelzählwerk gekuppelt sein, die von dem einen auf das andre Zählwerk in dem Augenblick umschaltet, wo der Überverbrauch beginnt.

Auch in diesem Falle wird als Schaltgerät ein Ferrarismotor benutzt. Er arbeitet auf ein Differentialgetriebe, das in entgegengesetztem Sinne vom Zählwerk des Zählers bewegt wird. Es ergibt sich eine Geschwindigkeit, die dem Unterschied der beiden Kraftquellen entspricht, d. h. einer Belastung, die sich von der jeweils herrschenden unveränderlich um den Betrag der Pauschale unterscheidet.

Bei einem von der AEG gebauten Überverbrauch- oder Pauschalzähler verzeichnet das eine Zählwerk nicht den Verbrauch unter der Pauschalgrenze, sondern den Gesamtverbrauch, was praktisch natürlich auf dasselbe hinauskommt; es wird dann nicht stets von einem Zählwerk auf das andere umgeschaltet, sondern nur im Augenblick der Überschreitung das zweite Zählwerk zugeschaltet. [M 875]

Wärmetechnik.

Carnotisierung des Vorganges in der Dampfkraftmaschine[1]).

Zerkowitz hat in Z. Bd. 68 (1924) S. 1096 bewiesen, daß die stetige Wasservorwärmung mit Betriebsdampf von jeweils gleicher Temperatur im Sattdampfgebiet den Arbeitsvorgang vollkommen „carnotisiert". Vergleicht man das so Erreichte mit dem, was etwa vor einem Menschenalter selbst ein Genie wie Rudolf Diesel für die Grenze des mit Dampf Möglichen hielt (Z. Bd. 41 (1897) S. 785), so wird man es vielleicht entschuldigen, wenn der Physiker sich versucht fühlt, etwas höhere als die zur Zeit gültigen technischen Grenzzustände zu betrachten.

Man denke sich das in Rede stehende Verfahren auf einen Benson-Kessel angewandt, daß also bis zum kritischen Punkt mit Zwischendampf vorgewärmt wird, und überhitze dann ohne Drosselung bis in die Gegend, wo die Isobare im Entropiediagramm steil wird, Abb. 12. Da Orrok bereits Überhitzung bis 540 ° in Betracht zieht, Armengaud in seine Gasturbine mit Feuergasen vermischten Dampf mit 560 ° eintreten läßt, dürfte die Zeit, wo 600 ° möglich werden, absehbar sein. Nun lasse man den Dampf isotherm expandieren, also in einer geheizten Turbine arbeiten, sei es, daß man die ganze Turbine heizt, oder daß die Leiträder oder Überhitzer zwischen den Druckstufen die Wärme zuführen; an diese geheizte Turbine hätte sich die adiabatische Turbine mit Zwischendampfentnahme anzuschließen.

Je mehr Wärme man der isotherm arbeitenden Turbine zuführen kann, desto weniger unterscheidet sich dieser Vorgang von einem vollkommen Carnotschen; der Unterschied beruht nur noch auf der starken Entropiezunahme des Wassers beim isobaren Erhitzen über den kritischen Punkt, wie das TS-Diagramm des Bensonschen Arbeitsvorganges im Sonderheft „Hochdruckdampf", Abb. 6 S. 74, zeigt. Daß man durch noch höheren Druck oder weitere Regeneration den Entropiezuwachs verringern kann, sei als noch gar zu fern liegend außer acht gelassen.

[1]) Nach einem Vortrag im Württ. math.-nat. Verein in Nürtingen.

Abb. 12. Entropiediagramm für einen Benson-Kessel.

a b Vorwärmung } bei 225 at
b c Ueberhitzung }
c d isotherme Turbine. (Mit Rücksicht auf Festigkeit und Wärmeleitvermögen des Stahls ist vielleicht ein Temperaturanstieg von *c* gegen *d* eher durchführbar.)
d f adiabatische Turbine
f a Kondensator (vereinfacht)
e g energetisches Aequivalent der Zwischendampfentnahme.

Die Erweiterung der Isotherme zwecks genügender Aufnahme der Energie der Feuergase, deren Wärme in der isothermen Turbine aufgenommen werden müßte — ob dies bei Feuergas von Atmosphärendruck möglich ist, ist eine Frage für sich —, bestimmt der Umstand, daß der Dampfdruck in der ersten isothermen Turbine so tief sinken soll, als das Feuchtwerden des Dampfes bei der Expansion von 600 ° bis 30 ° in der zweiten adiabatischen Turbine fordert. Die Adiabate (Ordinate) durch den Punkt 30 ° der Sättigungslinie hat die Entropie (Abszisse) 2 und erreicht die Temperatur 600 ° bei 4,5 at. Demnach ist eine adiabatische Turbine mit 4,5 at Eintrittsdruck und bei 600 ° Anfangstemperatur ohne Zwischenüberhitzung brauchbar.

Die isotherme Wärmezufuhr so auszudehnen, daß man den unvorteilhaften Entropiezuwachs in der kritischen Gegend gegen den nutzbaren Zuwachs in der Isotherme vernachlässigen könnte, ist wegen der übermäßigen Raumzunahme ausgeschlossen. Jede der beiden Entropiezunahmen hätte im gedachten Falle die Größe 1. Eine vollkommene Carnotisierung wird also auf dem angegebenen Wege noch nicht erreicht; immerhin fehlt nicht mehr viel dazu.

Der Carnotsche thermische Wirkungsgrad eines Prozesses zwischen 600 ° und 30 ° beträgt $570 : 873 = 0{,}653$. Die oberhalb der kritischen Isotherme liegende Fläche des Schaubildes für den hier entworfenen Arbeitsgang braucht etwa 60 vH von derjenigen des Carnotschen Rechtecks; der Vorgang entspricht also einem Carnotschen, bei dem der Temperaturanstieg vom kritischen Punkt statt der betrachteten 225 ° nur 135 ° beträgt; somit ist sein thermischer Wirkungsgrad $480 : 783 = 0{,}613$. Verzichtet man dagegen auf die isotherme Turbine, so beträgt die Fläche oberhalb der kritischen Isotherme nur 10 vH des Rechtecks, der Vorgang entspricht dann einem Carnotschen mit der oberen Temperatur 397 ° und hat als thermischen Wirkungsgrad $367 : 670 = 0{,}546$.

Die Einführung der isothermen Turbine würde also den Wirkungsgrad um 6,7 vH der Gesamtwärme oder um 12 vH des bis dahin erreichten verbessern. [M 593]

Tübingen. Dr. H. Hermann.

Kleine Mitteilungen.

Gewichtausnutzung bei elektrischen Lokomotiven.

A. Laternser, Zürich, kommt beim Vergleich verschiedener neuer elektrischer Lokomotiven zu dem Schluß, daß die europäische Einphasenlokomotive praktisch der amerikanischen 3000 V-Gleichstromlokomotive hinsichtlich der Gewichtverhältnisse gleichwertig ist. Die 1500 V-Gleichstromlokomotiven fallen zweifellos leichter aus als die Einphasenlokomotiven. Französische 1500 V-Gleichstromlokomotiven der Bauart AA + AA ohne Energierückgewinnung und 2 AA + AA 2 mit Rückgewinnung zeigen die Ausnutzungszahl 30 bzw. 32 kg/PS. Die leistungsfähigste Einphasenlokomotive, die je bestellt wurde, die 4200 PS als Einstundenleistung aufweisende 1 AAA + AAA 1-Lokomotive der Bern — Lötschberg — Simplon-Bahn, ergibt etwa die Ausnutzungszahl 34.5 kg/PS. (Schweiz. Bauzeitung 21. November 1925 S. 253*.)
[N 1165 a] G.

Schiffsdieselmaschinen.

J. Richardson weist in einem Vortrag in der Manchester Association of Engineers darauf hin, daß die englischen Reedereien an dem Fortschritt im Motorschiffbau verhältnismäßig wenig beteiligt seien. Das Verhältnis der Neubauten an Motorschiffen zu denen an Dampfschiffen betrage, bezogen auf den Tonnengehalt, 58 vH gegen 130 vH im Ausland, bezogen auf die indizierte Leistung 41 vH gegen 145 vH im Ausland. Die wichtigsten technischen Fortschritte, die der Bau von Dieselschiffen mit sich gebracht habe, seien die Zwang-Umlaufschmierung der Triebwerkteile und der elektrische Antrieb der Hilfsmaschinen im Maschinenraum und auf dem Deck. Bei den einfachwirkenden Maschinen haben die Gewichte von 154 auf 115 kg/PS abgenommen, bei den doppeltwirkenden Dieselmaschinen, wo allerdings die Zugänglichkeit der Kolben, Kolbenringe und Zylinderbüchsen erschwert sei, haben namentlich die Ergebnisse der deutschen Versuche mit der Zweitaktbauart Aufsehen erregt, worüber jedoch vorerst nur Prüfstandergebnisse vorliegen. Zurzeit seien 16 Schiffe von 10 000 bis 20 000 t Verdrängung mit doppeltwirkenden Viertaktmaschinen im Bau, und zwar 24 Hauptmaschinen mit rd. 130 000 PS Bremsleistung. Daß das Motorschiff namentlich von Reedern für wirtschaftlicher als das Dampfschiff angesehen werde, liegt vor allem an der um 15 bis 20 vH höheren mittleren Reisegeschwindigkeit, dann an der Ersparnis an Brennstoffkosten, weil sich die Preise von Dieselöl und Heizöl nur wie 2 : 1, die Verbrauchzahlen aber mindestens wie 1 : 4 verhalten. Die Verbesserungen des Dampfbetriebes auf Schiffen durch Steigerung der Betriebsdrücke werden nicht so schnell kommen, wie man glaubt. („Engineering" 20. November 1925 S. 639/41.) [N 1165 b] H.

Entwicklung der Wasserkraftausnutzung am Dix-River.

In der Nähe von Lexington, Kentucky, geht jetzt der Bau einer Talsperre und eines Kraftwerkes dem Ende entgegen, mit deren Hilfe die Wasserkräfte des Dix-Rivers ausgenutzt werden sollen. Die Sperrmauer, die als Rockfill-Damm ausgeführt ist, darf wohl als eine der größten der Welt angesehen werden. Sie ist über 72 m hoch und schließt ein Becken von 52,8 km Länge ab. Das Staubecken bedeckt eine Fläche von 121,5 km². Die durch die gespeicherte Wassermenge erzeugte Kraft wird auf jährlich 80 Mill. kWh geschätzt. Die mögliche Leistungsabgabe beträgt 22 500 kW. Der Strom wird mit einer Spannung von 66 000 V nach den Städten Pineville, Louisville und Lexington fortgeleitet. („Electrical World" 7. November 1925 S. 939/42*.) [N 1165 c] Js.

Verlust des englischen Unterseeboots MI.

Das englische Unterseeboot M I verließ am 12. November Plymouth mit anderen Unterseebooten und dem Mutterschiff „Maidstone" und tauchte früh $7^{h}\ 30^{m}$ südlich von Start Point. Es ist dann nicht wieder an die Oberfläche gekommen, so daß sein Verlust gewiß ist. Die See ist an dieser Stelle 70 m tief und der Grund felsig. Deutsche Tiefseetaucher, die bis auf 150 m Tiefe tauchen können, sind von Kiel mit dem schnellsten englischen Zerstörer „Wolfshound" herbeigeholt worden, um die Lage des Bootes festzustellen. M I wurde 1916 zusammen mit drei anderen Booten in Bau gegeben. Es war 90 m lang, 7.5 m breit und verdrängte bei 4.9 m Tiefgang an der Oberfläche 1600 t. Im getauchten Zustand betrug die Verdrängung 1950 t. Zwei Dieselmotoren von je 1200 PS_e Leistung gaben ihm 16 Kn Geschwindigkeit. Die Motoren für Unterwasserfahrt leisteten zusammen 1600 PS_e, womit 9½ Kn im getauchten Zustande erreicht wurden. Das Boot war mit einem 30,5 cm-Geschütz ausgerüstet. („Engineering" 20. November 1925 S. 646.)
[N 1165 d] W. S.

Doppelauslegerkran von 50 t Tragfähigkeit.

Der von Shothert & Pitt, Ltd., in Bath für die Docks von Kapstadt erbaute Kran besteht aus einem Oberteil mit zwei überkragenden Enden, der rd. 60 m lang und in der Mitte 6,5 m hoch ist, und auf einer Kreisfahrbahn von 9,5 m Dmr. ruht, die wiederum auf einem Vollportal mit rd. 5,2 m Durchfahrhöhe mit je acht Rädern auf zwei Paar Schienen von 1,6 m Spurweite verfahrbar ist. Die Durchfahrbreite beträgt 6,7 m. Zum Antrieb des Fahr- und Hubwerkes dient eine Zwillingsdampfmaschine mit 28 mm Zyl.-Dmr. bei 45,6 mm Hub, die gemeinsam mit dem Dampfkessel auf dem kürzeren Ausleger von 18,4 m Länge Platz gefunden hat.

Die größte zulässige Entfernung der die Last hebenden Laufkatze vom Mittelpunkt der Fahrbahn beträgt bei 50 t 27,5 m, bei 10 t 39,5 m. Der Hubweg bei 50 t beträgt 2,4 m/min, bei 10 t 9,9 m/min. Beim wagerechten Verfahren der 50 t-Last können 15,2 m/min zurückgelegt werden. Das gesamte Krangewicht beträgt 500 t. („The Engineer" 20. November 1925 S. 561*.)
[N 1165 e] Sd.

Destillieren von Mineralölen unter Luftleere.

Wie Dr. Steinschneider in der Inst. of Petroleum Technologists mitteilte, ist die Zahl der unter Luftverdünnung arbeitenden Öldestillieranlagen in den letzten Jahren stark angewachsen. Etwa 250 dieser Anlagen gibt es zurzeit auf der ganzen Welt; davon allein 74 in Kalifornien. Die meisten dieser Anlagen arbeiten mit Dampf. Aber der Dampfverbrauch ist dabei sehr hoch. Die Volumina werden stark vergrößert und viel Flüssigkeit wird undestilliert mitgerissen. Will man jedoch tatsächlich bei niedrigen Temperaturen arbeiten, so darf man nicht nur den Teildruck erniedrigen wie beim Arbeiten mit Wasserdampf, sondern man muß den Gesamtdruck herabsetzen. Steinschneider erzielte gute Ergebnisse, indem er in wagerecht liegenden Retorten mit etwa 3 m Dmr. und 10 m Länge bei etwa 1.5 m Flüssigkeitshöhe so destillierte, daß der Dampfdruck über der Flüssigkeit höchstens 25 mm Q.-S. betrug. Eine 4 vH höhere Ölausbeute und ein 50 vH kleinerer Kohlenverbrauch wurde dabei erzielt. („Engineering" 20. November 1925 S. 646/47.)
[N 1165 f] G.

Spiritus aus Runkelrüben.

Die British Power Alkohol Ass. macht auf die Wichtigkeit, Spiritus für Kraftzwecke aus Runkelrüben zu gewinnen, aufmerksam. 2500 t/Jahr Rüben würden genügen, um eine Rübenbrennerei zu versorgen, die nach der Rübenverarbeitung auch Kartoffeln, Mais, Melasse u. a. verarbeiten könnte. Da die Angelegenheit für die nationale Industrie Englands von höchster Bedeutung ist, so haben sich bereits der englische Landwirtschaftsminister und eine Reihe von Unterhausmitgliedern mit ihr beschäftigt. („Engineering" 20. November 1925 S. 647.) [N 1165 g] G.

Fahrbare elektrische Lichtbogen-Schweißanlage.

Für die Haupteisenbahnlinien Indiens sind von der Firma Premier Electric Welding Co., Ltd., London, neuartige fahrbare elektrische Lichtbogen-Schweißanlagen hergestellt worden. Die Maschinenanlage ist so durchgebildet, daß zu gleicher Zeit zwei Schweißungen ausgeführt werden können. Ein Motor von 17½ PS Leistung bei 1250 Uml./min treibt einen 300 A-Hauptstromerzeuger, der Strom von 35 V Spannung liefert, und einen mit diesem unmittelbar gekuppelten 30 A-Hilfsstromerzeuger für 35 V Spannung zum Ziehen des Lichtbogens. Da der Hauptstromerzeuger während 2 h um 25 vH überlastet werden kann, werden jeder Schweißanlage 200 A zugeführt. Selbsttätige Schaltanlagen sind eingebaut. Die Schmelzspannung beträgt 35 V, während die Spannung zum Ziehen des Lichtbogens 70 V und mehr beträgt. („The Engineer" 20. November S. 550*.) [N 1165 h] Gw.

Russische Eisen- und Stahlerzeugung im Jahre 1924/25.

Die Allgemeine Russische Metallkommission, die die Aufsicht über die Metall- und Maschinentrusts und -werke führt, hat statistische Angaben über die Leistungen des am 30. September abgeschlossenen Berichtjahres veröffentlicht. 1 289 000 t Roheisen, 1 866 000 t Rohstahl und 1 359 000 t Walzwerkerzeugnisse wurden hergestellt. In Betrieb waren 15 Hochöfen, 42 Siemens-Martin-Öfen und 27 Walzwerke. Zum Vergleich seien die Zahlen für 1923/24 genannt: 656 000 t Roheisen, 994 000 t Rohstahl und 684 000 t Walzwerkerzeugnisse, und für 1922/23: 300 000 t Roheisen, 589 000 t Rohstahl und 457 000 t Walzwerkerzeugnisse. Für das Jahr 1925/26 sind von der Metallkommission folgende Erzeugungsmengen festgesetzt worden: 2 430 000 t Roheisen, 2 928 000 t Rohstahl und 2 278 000 t Walzwerkerzeugnisse. Zurzeit kann der Eigenbedarf des Landes an diesen Erzeugnissen noch nicht gedeckt werden. Vom 1. Oktober 1924 bis 31. März 1925 wurden 785 000 t Eisenerz und 319 000 t Manganerz gefördert. („The Engineer" 20. November S. 547.) [N 1165 i] Gw.

Rostbeständiger Stahl.

In einem Vortrag in der Institution of Engineering Inspection, London, berichtete Hatfield über die letzte Entwicklung rostbeständiger Eisenlegierungen. Aus den zahlreichen Versuchen geht hervor, daß ein Chromnickelstahl, bekannt unter dem Namen Staybrite, mit 18 vH Chrom und 8 vH Nickel den besten Widerstand gegen Rosten aufweist. Von Nichteisenmetallen bewährten sich gegen Anfressungen am besten Nichrome, Monelmetall und Reinaluminium. Bemerkenswerten Widerstand wies auch die Legierung Tantiron auf. Nach Hatfield ist der Angriff wesentlich abhängig von der Oxydationsschicht, die sich auf jedem Metall bildet und die gewissermaßen eine Schutzschicht darstellt. Hatfield bringt auch Beispiele für die Verarbeitungsmöglichkeiten rostfreier Stähle, wobei er keine Schwierigkeiten sieht, falls die Herstellung mit großer Sorgfalt durchgeführt wird. („Engineering" 20. November 1925 S. 657/60*).
[N 1165 k] Wf.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Die Baumaschinen, IV. Teil des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften, II. Band, 3. Aufl., herausg. von H. Weihe, III. Kapitel: Gesteinsbohrmaschinen, bearb. von Otto Schueller. — IV. Kapitel: Elektrische Gesteinsbohrmaschinen, bearbeitet von Philippi, 303 S. m. 299 Abb. — V. Kapitel: Schräm- und Schlitzmaschinen, Tunnelbohr- und Treibmaschinen, bearbeitet von Otto Schueller. 102 S. m. 116 Abb. Leipzig 1925, Wilhelm Engelmann. Preis geh. 16 ℳ, geb. 19 ℳ.

Seit der zweiten Auflage der hier vorliegenden Abschnitte aus dem Handbuch der Ingenieurwissenschaften sind 22 Jahre verstrichen. In dieser Zeit sind gerade die hierher gehörigen maschinellen Hilfsmittel sehr weitgehend gefördert worden, und so läßt auch die Neubearbeitung das Streben erkennen, diesen Fortschritten gerecht zu werden. Freilich ist eine solche Aufgabe nicht ganz leicht, denn sie verlangt nicht nur Aufnahme des Neuen, sondern auch Abstoßung des Alten, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß das Ausmerzen überalteter Bauarten in einem Werke vom Gepräge des „Handbuchs", das einen umfassenden Überblick über die gesamte Entwicklung geben soll, nicht so weit wie in anderen Darstellungen getrieben zu werden braucht.

Am deutlichsten prägt sich das Bestreben der Bearbeiter, beiden Anforderungen zu genügen, in dem Abschnitt über elektrische Bohrmaschinen aus, der in der dritten Auflage für sich abgetrennt erscheint. Hier ist vielleicht sogar des Guten etwas zu viel getan worden, indem die Besprechung der Solenoid-Bohrmaschinen, die ja immerhin im letzten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts zu einer gewissen Bedeutung gelangt waren, nicht nur auf eine kurze Erwähnung (ohne Abbildungen) beschränkt, sondern auch das auf diese Maschinen bezügliche Schrifttum nur noch zum Teil berücksichtigt worden ist. Im III. Kapitel ist besonders der Abschnitt über die Bohrhämmer angemessen erweitert worden, obwohl der Verfasser ihr Anwendungsgebiet mit der Bemerkung, daß der Bohrhammer „den Erfolg von Stoßbohrmaschinen ganz wesentlich unterstützen, unter Umständen (in mildem Gebirge) ersetzen" könne, zu eng abgrenzt. Dagegen ist der neuen Entwicklung der Schrämmaschinen zu wenig Rechnung getragen worden, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß der Verfasser kein Bergmann und daher erklärlicherweise nicht so wie dieser über alle Neuerungen auf diesem Gebiet auf dem Laufenden ist. Die Besprechung der neuerdings so wichtig gewordenen Stangenschrämmaschinen beschränkt sich auf eine ältere Ausführung der Deutschen Maschinenfabrik; bei den Kettenschrämmaschinen vermißt man deutsche Bauarten, und außerdem wären Betrachtungen über den Schrämvorgang im ganzen in seiner Verbindung mit dem Abbau erwünscht gewesen. Die zu so großer Bedeutung gelangten Abbauhämmer werden nur ganz kurz, und zwar nur in ihrer Verwendung für die Schrämarbeit, behandelt. Gänzlich fehlen die neuzeitlichen Druckluft-Drehbohrmaschinen mit Drehkolbenantrieb.

Auf der anderen Seite ist zu viel Veraltetes stehen geblieben. Man kann zugeben, daß gerade bei der vorzüglichen, wissenschaftlich vertieften Bearbeitung des Abschnitts „Gesteinsbohrmaschinen" in der früheren Auflage durch den verstorbenen Prof. Schulz der Entschluß, manches preiszugeben, schwer fallen mußte, wird aber doch anerkennen müssen, daß die Beschreibung einer Reihe älterer Bohrmaschinen, die schon seit längerer Zeit gänzlich bedeutungslos geworden sind, sehr stark hätte gekürzt werden können, zumal ja die vorzügliche Zusammenstellung des einschlägigen Schrifttums dem Leser jederzeit ein tieferes Eindringen ermöglicht. Sehr zu begrüßen ist das Unterbringen der früher auf Tafeln abgedruckten Abbildungen im Text.
[E 1008] Herbst.

Über Kostenberechnung im Tiefbau unter besonderer Berücksichtigung größerer Erdarbeiten. Von Dr.-Ing. Heinrich Eckert. Berlin 1925, Julius Springer. 120 S. m. 5 Abb. im Text u. 96 Zahlent. Preis geh. 6 ℳ, geb. 7 ℳ.

Die Vertiefung und Verbreitung der Kenntnisse und Erfahrungen über Kostenberechnungen im Bauwesen muß noch in viel größerem Maßstab erfolgen, wenn der Wirkungsgrad des Bauens auf den im Interesse unsrer notleidenden Gesamtwirtschaft wünschenswerten, leider noch lange nicht erreichten Hochstand gebracht und viele Klagen, die sich bei der Verdingung von Bauausführungen immer wieder ergeben, beseitigt werden sollen. Jeder Beitrag, der geeignet ist, das Erreichen dieses Zieles zu fördern, ist willkommen. Das vorliegende Büchlein verdient besonders begrüßt zu werden, da es in klarer, übersichtlicher Form und unter Mitteilung sehr wertvoller Erfahrungen, für größere Erdarbeiten wenigstens, die Hauptgesichtspunkte für sachgemäß aufgebaute Kostenberechnungen sowie für die Anordnungen bei Einrichtung der Baustelle und die Überwachung der Durchführung gibt. In sechs Abschnitten werden das Bauprogramm und die Festsetzung der Bautermine, die Bemessung des Geräteparkes, die Auslagen sowohl für Beschaffung wie für Instandhaltung der Geräte, die Ermittlung des Betriebsstoffbedarfes und die eigentliche Kostenberechnung behandelt. In einem siebenten Abschnitt wird noch ein praktisches Beispiel für die Ermittlung der wirtschaftlichsten Art, Unebenheiten im Gelände zu überwinden, gegeben. Für den Ingenieur, der die Ausführung größerer Erdarbeiten vorzubereiten und zu leiten hat, wird die Schrift eine wertvolle Stütze bilden können, aber auch für den Bauherrn, soweit er mit technischem und wirtschaftlichem Denken einigermaßen vertraut ist, findet sich darin vieles Beherzigenswerte. [E 1047] Bu.

Ingenieurholzbauten bei der Reichsbahndirektion Stuttgart. Von Oberbaurat Dr.-Ing. K. Schächterle. Berlin 1925, Wilhelm Ernst & Sohn. 118 S. m. 157 Abb. Preis 6 ℳ.

Das Buch enthält die im letzten Jahrgang der „Bautechnik" unter gleichem Titel veröffentlichten Aufsätze in erweiterter Form. Es bringt in vier Abschnitten Entwicklungsgeschichtliches und allgemeine Betriebserfahrungen, vorläufige Vorschriften für Ingenieurholzbauten, Bauausführungen u. a. von Dächern, Versandschuppen, Lokomotivheizhäusern und Werkstätten sowie Versuche über Holzverbindungen. Besonderes Interesse nehmen die Versuche und die vorläufigen Vorschriften in Anspruch. Die durch die Materialprüfungsanstalt in Stuttgart ausgeführten Versuche geben wichtige Aufschlüsse über das statische Verhalten der Hauptverbindungsmittel, Dübel und Schrauben, und zeigen die wirtschaftlichen Grenzen ihres Anwendungsbereiches. Die „vorläufigen Vorschriften" sind als erster Entwurf zu begrüßen, wenn auch die Praxis noch manches dazu zu sagen haben wird. Das Büchlein bedeutet einen dankenswerten Schritt auf dem Wege der Untersuchung dieses noch wenig geklärten Gebietes und wird zusammen mit der im Verlag von Julius Springer, Berlin, erschienenen Schrift von Dr.-Ing. Seitz, „Grundlagen des Ingenieurholzbaues" (Z. Bd. 69 (1925) S. 768), eine wesentliche Lücke in der Behandlung der Holzkonstruktionen ausfüllen. Es sei deshalb allen, die mit solchen Ingenieurbauten zu tun haben, empfohlen.
[E 1046] Bu.

Aluminothermie. Von Karl Goldschmidt. Leipzig 1925, S. Hirzel. 174 S. m. 81 Abb. Preis geh. 10 ℳ, geb. 12 ℳ. (Chemie u. Technik der Gegenwart Bd. V.)

In dem mit gutgelungenen Abbildungen ausgestatteten Buche wird ein Abriß der Entwicklung der Aluminothermie gegeben. Eine anschauliche Schilderung, niemals trocken und langweilig, lediglich Geschehnisse und Daten aneinandergereiht. So liest man schon die einleitenden geschichtlichen Abschnitte über Aluminium und aluminothermische Vorarbeiten mit vermehrtem Interesse. Im nächsten Absatz — Aluminothermische Metallurgie — werden die Grundzüge des Verfahrens entwickelt, die Vorbedingungen für den einwandfreien — nicht explosiven — Verlauf der Thermitreaktion zusammengestellt und die Hauptanwendungsgebiete, die Herstellung schwer schmelzbarer kohlenfreier Legierungen sowie die sonstigen Schmelzverfahren umrissen.

Das eine der Hauptanwendungsgebiete, die aluminothermische Metallgewinnung, wird im nächsten Absatz ausführlich behandelt, und zwar für die Metalle Chrom, Mangan, Titan, Vanadium, Molybdän, Wolfram, deren Eisenlegierungen für die Herstellung der Sonderstähle Bedeutung haben, ferner für Nickel und Kobalt sowie Aluminiumoxyd und Korund. Als letzter Abschnitt folgt das große Gebiet der Anwendung der Aluminothermie als Schmelzschweißverfahren. Mit aller Offenheit werden die großen Schwierigkeiten und Rückschläge bei der Einführung der Schienenstoßschweißung erzählt. Daß angesichts dieser Entwicklungsschwierigkeiten die Reichseisenbahnen bei den hier vorliegenden anders gearteten Betriebsbedingungen bislang äußerst vorsichtig mit Schienenschweißungen waren, kann eigentlich nach diesem Ab-

schnitt niemand überraschen. Der Verfasser glaubt aber, die Schwierigkeiten und Widerstände in dem Verwaltungswege suchen zu müssen.

Das Buch füllt eine im Schrifttum bisher vorhandene Lücke aus; seine Anschaffung wird empfohlen.

[E 1029] Dr. Kühnel.

Fernmeldeleitungen beim elektrischen Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn. Beiträge zur Frage der Schwachstromstörungen durch Wechselstrombahnbetrieb. Herausgegeben im Auftrage der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und des Reichspostministeriums von Ministerialrat Otto Brauns und Reichsbahndirektor Wilhelm Wechmann. Berlin 1925, VDI-Verlag. 99 S. m. 37 Abb. Preis 6 ℳ.

Ein Berichterstatter schrieb aus Locarno, daß es unmöglich gewesen wäre, dringende Ferngesprächmeldungen über die Konferenz für die Tagespresse abzugeben, wenn Züge durch den mit Wechselstrom betriebenen Gotthardtunnel gefahren wären, da alle Fernsprechleitungen durch den Tunnel führten; bei langsam fahrenden Güterzügen wäre der Fernsprechverkehr jedesmal auf beträchtliche Zeit unterbunden gewesen. Diese Meldung bestätigt die Wichtigkeit der von den in Frage kommenden deutschen Behörden eingeleiteten eingehenden Behandlung dieser Frage in Zusammenhang mit einer Besichtigung der auf den Wechselstromstrecken der Riesengebirgsbahn getroffenen Schutzmaßnahmen.

Das vorliegende Büchlein enthält nun die alle beachtenswerten Einzelheiten der Aufgabe behandelnden Vorträge und Meinungsäußerungen dazu; diese sind um so wichtiger, als Vertreter aller durch diese Frage betroffenen Eisenbahnverwaltungen, aus Österreich, Norwegen, Schweden und der Schweiz, sowie der Großfirmen an dieser Besprechung beteiligt waren. Diese hat denn auch zur Aufstellung von Leitsätzen geführt, die, kurz gefaßt, alle Maßnahmen enthalten, die mit recht gutem Erfolge zur Behebung der Störungen getroffen werden können. [E 1001] K. M.

Arbeitsrecht. Von Walter Kaskel. Berlin 1925, Julius Springer. 352 S. Preis 15 ℳ. (Enzyklopädie der Rechts- und Staatswissenschaft Bd. XXXI.)

Das Werk ist der erste Versuch einer Gesamtdarstellung des ganzen Arbeitsrechtes auf rechtswissenschaftlicher Grundlage und entspricht dem Stande der Gesetzgebung, Rechtsprechung und Literatur vom 1. Oktober 1924. Dr. Kaskel will mit der Herausgabe, abgesehen naturgemäß von dem eigentlichen Zwecke des Buches, die noch weit verbreitete Meinung überwinden, als ob das Arbeitsrecht ein „Spezialfach" oder „Nebenfach" sei und will ihm den ihm gebührenden Platz einer in vollem Umfang jedem andern Rechtsfach gleichwertigen und gleichberechtigten Rechtsdisziplin erobern helfen. Die fünf Hauptabschnitte des Werkes behandeln neben der Einleitung die allgemeine Lehre des Arbeitsrechtes, das Arbeitsvertragsrecht, das Arbeiterschutzrecht, das Arbeitsverfassungsrecht und die Arbeitsstreitigkeiten.

„Hütte". Des Ingenieurs Taschenbuch. Hrsg. vom Akadem. Verein Hütte e. V. in Berlin. 25. Aufl. Bd. 1. Berlin 1925, Wilhelm Ernst & Sohn. 1080 S. m. zahlr. Abb. Preis geb. 13,20 ℳ, in Leder geb. 15,90 ℳ.

Dynamik. T. II: Dynamik von Körpersystemen. Von Wilhelm Müller. Berlin und Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 137 S. m. 51 Abb. Preis 1,25 ℳ.

Die Differentialgleichungen des Ingenieurs. Darstellung der für Ingenieure und Physiker wichtigsten gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen einschließlich der Näherungsverfahren und mechanischen Hilfsmittel. Mit besonderen Abschnitten über Variationsrechnung und Integralgleichungen. Von W. Hort. 2. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. XII u. 700 S. m. 308 Abb. u. 2 Taf. Preis geb. 25,50 ℳ[1]).

[1]) In Heft 39 dieser Zeitschrift S. 1359 war versehentlich als Preis 14 ℳ angegeben.

The Strength of Materials. Von John Case. London 1925, Edward Arnold & Co. 558 S. m. 398 Abb. Preis 30 sh.

Nähere Angaben über den Inhalt werden demnächst in einem Aufsatz in dieser Zeitschrift veröffentlicht.

Forschungsarbeiten a. d. Gebiete d. Ingenieurwesens, H. 269: **Wärmeübergang von strömender Luft an Rohre und Röhrenbündel im Kreuzstrom.** Von H. Reiher. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 85 S. m. 55 Abb. Preis 12 ℳ.

Ingenieur-Adreßbuch. Mitglieder-Verzeichnis des Vereines deutscher Ingenieure. Abgeschlossen am 31. März 1925. Berlin 1925, VDI-Verlag G. m. b. H. 447 S. m. 2 Abb. und 3 Karten. Preis 24 ℳ, für Mitglieder des V. d. I. 12 ℳ.

Die Feuerungen mit flüssigen Brennstoffen (Ölfeuerungen). Von Ignatz Lew. 2. Aufl. Leipzig 1925, Alfred Kröner. 170 S. m. 158 Abb. Preis 7 ℳ.

Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton. September 1925. Berlin 1925, Wilh. Ernst & Sohn. 47 S. Preis 1,80 ℳ.

Abhandlungen a. d. Aerodynamischen Institut a. d. Technischen Hochschule Aachen. H. 4. Hrsg. von Th. v. Kármán. Berlin 1925, Julius Springer. 48 S. m. versch. Abb. Preis 5,10 ℳ.

Ergänzungen z. 4. Aufl. d. **Taschenbuches für Bauingenieure.** Von Max Foerster. Berlin 1925, Julius Springer. 29 S. m. 16 Abb. Preis 0,60 ℳ.

Deutsche Wirtschaftsbücherei Bd. 2: **Handbuch der Schiffbauindustrie.** Von Erich Grundt. Berlin 1925, Mundus Verlagsanstalt G. m. b. H. 272 S. Preis 15 ℳ.

Wissenschaft u. Bildung Bd. 215: **Die Fabrik in Wirtschaft und Technik.** Von Heinrich Herner. Leipzig 1925, Quelle & Meyer. 102 S. m. 8 Abb. Preis 1,80 ℳ.

Die hydraulischen Einrichtungen des Maschinenlaboratoriums der Staatl. Württ. Höheren Maschinenbauschule in Eßlingen am Neckar. Von A. Staus. Berlin 1925, Julius Springer. 57 S. m. 46 Abb. Preis 3,60 ℳ.

Das Polarisationsmikroskop. Von Ernst Weinschenk. 5. und 6. Aufl. Verb. und bearb. von Josef Stiny. Freiburg i. Br. 1925, Herder & Co. G. m. b. H. 159 S. m. 217 Abb. Preis 7,40 ℳ.

Siemens-Handbücher Bd. V. **Das Kraftwerk Fortuna.** Von Albert Schreiber. Berlin und Leipzig 1925, W. de Gruyter & Co. 175 S. m. 141 Abb. Preis 6,50 ℳ.

Österreichisches Montan-Handbuch 1925, 6. Jahrg. Herausg. vom Verein der Bergwerksbesitzer Österreichs. Wien 1925, Verlag für Fachliteratur. 210 S. Preis 8 ℳ.

Jahresbericht der Vereinigten Technischen Schulen zu Zwickau in Sachsen für die Jahre 1921 bis 1925. Erst. von Ing. Weidemann. Zwickau 1925, Weidemann. 86 S. m. 24 Abb. Preis 2 ℳ.

Amerika, wie ich es sah. Von Franz Westermann. Halberstadt 1925, H. Meyer. 98 S. Preis 3 ℳ.

Nachschlagebuch der Nachschlagewerke für die Wirtschaftspraxis. Herausg. von Paul Heile. Jg. 1. Hamburg 1925, Verlag Wirtschaftsdienst G. m. b. H. 193 S. Preis 5 ℳ.

Zollhandbücher für den Welthandel. Herausg. vom Deutschen Industrie- u. Handelstag u. Reichsverband d. Deutschen Industrie. **Zollhandbuch für das Deutsche Reich.** Bearb. von Rechn.-Rat Hartisch. Berlin 1925, Reimar Hobbing. 148 S. Preis 14 ℳ.

Uhlands Ingenieur-Kalender 1926. Jg. 52. Bearbeitet von F. Wilcke. In zwei Teilen. T. 1: Taschenbuch. T. II: Für den Konstruktionstisch. Leipzig 1926, Alfred Kröner. T. I: 220 S. m. versch. Abb. T. II: 471 S. m. zahlr. Abb. Preis 4 ℳ.

Die kulturellen Aufgaben des Bauerntums. Von Max A. Tönjes. Berlin 1925, Reichs-Landbund-Verlag. 15 S. Preis 0,40 ℳ.

Erinnerungen eines alten Technikers. Von Prof. Esselborn. Als Handschrift gedruckt. Darmstadt 1925, Buchdruckerei v. H. Uhde. 183 S. m. zahlr. Abb. Unverkäuflich.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ *SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS* ★

BD. 69 — SONNABEND, 12. DEZEMBER 1925 — NR. 50

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1580.

Die mechanische Beeinflussung des Brennstoffes im Gaserzeuger[1].

Von Dr.-Ing. H. R. Trenkler, Berlin-Steglitz.

Die chemischen Grundlagen der Vergasung der Brennstoffe. Die geschichtliche Entwicklung der Gaserzeuger-Bauarten und die Beeinflussung der Vorgänge durch die Bauart. Die mechanischen Grundlagen der verschiedenen Bauarten: die drehbaren Teller, die drehbaren Schächte, die Drehroste. Folgerungen.

Die chemischen Grundlagen.

Die chemischen Vorgänge bei der Vergasung sind genugsam bekannt, als daß sie hier wesentlich erörtert zu werden brauchten. Die in Frage kommenden Umsetzungsformeln sollen jedoch kurz angeführt werden, weil sie für spätere Betrachtungen gebraucht werden.

$$C + O_2 = CO_2 + 97{,}64 \text{ kcal} \quad \ldots\ldots (1)$$
$$C + O = CO + 29{,}44 \text{ „} \quad \ldots\ldots (2)$$
$$C + CO_2 = 2\,CO - 38{,}76 \text{ „} \quad \ldots\ldots (3)$$

Es ist eine alte Streitfrage, ob sich im Gaserzeuger primär CO bildet, das dann unter dem Einfluß des stets vorhandenen Luftüberschusses zu CO_2 weiter oxydiert wird, um schließlich beim Hochstreichen durch die glühende Brennstoffschicht wieder endgültig zu CO reduziert zu werden, oder ob sich primär CO_2 bildet, das nachfolgend zu CO reduziert wird. Die bisherigen Untersuchungen in Gaserzeugern geben für keine der beiden Ansichten eine Stütze.

Zwischen der Vergasung und der Verbrennung besteht kein grundlegender Unterschied im primären Vorgang, lediglich der sich zuletzt abspielende Vorgang der Reduktion des gebildeten CO_2 nach Gl. (3) tritt zu der ursprünglichen Verbrennung hinzu und macht so das Wesen der Vergasung aus. Daher muß eine möglichst hohe Kohlenschicht vorhanden sein oder eine reichlich bemessene Kohlenoberfläche der Reduktion dargeboten werden, um die Reduktion möglichst vollständig zu machen. Nach allen Forschungen geht die Einstellung des Gleichgewichtes nach Gl. (3) sehr langsam vor sich. Dagegen haben die Untersuchungen von Dr.-Ing. Neumann dargetan, daß bei gleichzeitiger Benutzung von Dampf neben der Luft, das heißt bei der Bildung von Wasserstoff nach einer der beiden Gleichungen (4) und (5), sämtliche gasförmigen Bestandteile nach Gl. (6) in Reaktion treten, und daß sich das Gleichgewicht nach Gl. (6) außerordentlich rasch einstellt.

$$C + 2\,H_2O = CO_2 + 2\,H_2 - 17{,}8 \;(38{,}52) \text{ kcal}^{2)} \quad \ldots (4)$$
$$C + H_2O = CO + H_2 - 27{,}92 \;(38{,}64) \text{ „} \quad \ldots (5)$$
$$CO + H_2O = CO_2 + H_2 + 10{,}84 \;(0{,}0) \text{ „} \quad \ldots (6)$$

Die überwiegende Bedeutung der Wassergasreaktion nach Gl. (6) für den Vergasungsvorgang ist seit den genannten Untersuchungen, ja teilweise bereits vor diesen zur Genüge bekannt gewesen, und man arbeitet daher in allen Gaserzeugern mit einer, wenn auch teilweise beschränkten, Dampfzuführung, weil sich dabei wesentlich leichter eine entsprechend gute Gaszusammensetzung und ein hoher Wirkungsgrad des Gaserzeugers erreichen läßt.

Da das Wassergasgleichgewicht (6) keinen Wärmeverbrauch aufweist, sondern bei der Rechnung mit Dampf sogar eine Wärmezufuhr ergibt, ist es augenscheinlich, daß die Reaktion eine Ausnahmestellung einnimmt; es ist auch erklärlich, daß sich die Reaktion bis zum Verlassen des Brennstoffbettes hinzieht und sogar noch Reaktionen im Gasraum, also in der Gasphase, vor sich gehen können, wie es Neumann festgestellt hat. Trotz dieser überragenden Bedeutung der Reaktion kann sie für die Beurteilung der Umsetzungsverhältnisse im Gaserzeuger nicht allein maßgeblich sein, weil es sich bei der Umsetzung ja nur um Reaktionen von gasförmigen Bestandteilen handelt, während der Vorgang bei der Vergasung in der restlosen Auflösung eines festen Brennstoffes in brennbare Gase beruht. Bei Umsetzungen nach dem Wassergasgleichgewicht muß eine Reaktion mit den festen Brennstoffen im Sinne der summarischen Gl. (2) vorausgehen oder sich nebenher abspielen; die Reaktion nach dieser Gleichung wird in den unteren Schichten vorherrschend sein, dagegen in den oberen Schichten nahezu oder vollständig zurücktreten.

Für die praktischen Vorgänge im Gaserzeuger spielen jedoch die wesentlichste Rolle die wechselnden Querschnittverhältnisse, um so mehr, als außerordentlich große Geschwindigkeiten des Gas- (oder Luft-) Stromes in Frage kommen. Denken wir uns die Kohlenteilchen in einem sehr vergrößerten Maßstab und etwas auseinandergezerrt dargestellt, Abb. 1, so ergibt sich allein vorstellbar bereits die Tatsache, daß nur eine Hälfte der Oberfläche vorzugsweise in Reaktion tritt, während die andre Hälfte mit einer sie umgebenden Gashülle in einem toten Raume liegt. Die Gasmassen in diesem Raume werden naturgemäß nicht dauernd in Ruhelage bleiben, sie werden sich aber wesentlich langsamer verschieben, so daß die dort befindliche Oberfläche der Teilchen nicht voll ausgenutzt wird. Der Einfluß des toten Raumes wird um so nachhaltiger sein, je größer die Teilchen sind. Ist in der Beschickung ein großes Stück Kohle eingebettet, so bietet dieses dem Gasstrom einen Widerstand, und die an den Rändern ausweichenden Gasströme werden eine noch größere Geschwindigkeit erhalten als bei einer großen Anzahl kleinerer Teilchen von der gleichen Gesamtfläche.

Rost — RZ968Z1

Koks — Kohlensäure — Kohlenoxyd — Sauerstoff oder Luft

Abb. 1. Verbrennungsvorgang im Gaserzeuger.

Dicht geballte kleinste Teilchen können aber ebenso wirken wie ein großes Stück, besonders da die meisten Brenn-

---

[1] Auszug aus der gleichnamigen Doktorarbeit; der Aufsatz ist auch in dem Sonderheft „Entgasen und Vergasen" (VDI-Verlag) dieser Zeitschrift erschienen, worin die wichtigsten Veröffentlichungen des Bandes 69 auf diesem Fachgebiet zusammengefaßt sind.

[2] Die Klammerwerte gelten für die Anwendung von flüssigem Wasser anstatt Wasserdampf.

Abb. 2. Gaserzeuger von Brook, DRP 29 316.

Abb. 3. Gaserzeuger von Taylor, DRP 50 137.

stoffe bei der Erwärmung anschwellen und daher gewissermaßen zusammensintern, also plastische Kuchen ergeben, die zwar porös sind, aber dem Gasdurchtritt zu große Widerstände entgegensetzen. Hierzu kommt noch ein weiterer Umstand, der in der Praxis die Umsetzungsvorgänge erschwert. Die unter dem Gewicht der darüber lastenden Beschickung in einem gepreßten Zustand niedersinkenden Kohlenteilchen wenden dem Gasstrom stets die gleiche Seite zu. Bei der Vergasung werden daher die Brennstoffe nur an der halben Oberfläche angewärmt und vollständig aufgelöst. Die Temperatur der dem heißen Gasstrom entgegengesetzten Fläche wird also höher sein als die Temperatur der abgewendeten Fläche. Bei dem schlechten Wärmeleitvermögen der Brennstoffe wird aber stets die Kernpartie der Teilchen in der Erwärmung noch weiter zurückbleiben, was man schon durch einfache Handversuche feststellen kann.

Die abgewendeten Flächen sind also nicht nur wegen des Vorhandenseins der toten Räume, sondern auch wegen der geringen Leitfähigkeit des Brennstoffes bei den Reaktionsvorgängen weitgehend ausgeschaltet. Einen wesentlichen Einfluß auf die Schnelligkeit der Umsetzungsvorgänge, d. h. auf die Güte des erzeugten Gases und zugleich auf die Leistungsfähigkeit, muß daher eine ständige Umlagerung des Brennstoffes im Brennstoffbett haben, ganz abgesehen von dem Umstande, daß durch eine solche Bewegung auch noch andre ungünstige Umstände ausgeschaltet werden können. In dieser Hinsicht kommt besonders die Neigung der Brennstoffe zum Verschlacken und zum Zusammenbacken in Betracht. Die mögliche Bildung von Verschlackungen, die nicht bei allen Brennstoffen in gleicher Weise zu befürchten sind, wird stets in den Zonen der höchsten Temperaturen, somit in den eigentlichen Reaktionsschichten vor sich gehen. Jede Beeinflussung der Schichten durch Umlagerung der Teilchen wird daher eine Verschlackung weitgehend verhindern, weil ein Zusammensintern und Zusammenschmelzen der Aschenteilchen, die in feinster Verteilung im Brennstoff vorhanden sind, erschwert wird.

Geschichtliche Entwicklung der Gaserzeuger-Bauarten und Beeinflussung der Vorgänge durch die Bauart.

Im Vorstehenden ist gezeigt worden, daß nur die zusätzliche Reduktion von CO_2 zu CO das Wesen der Gaserzeugung ausmacht, und es ist daher einleuchtend, daß man sich für die Vergasung der gleichen Vorrichtungen bediente und nur auf eine hohe Kohlenschicht Wert legte.

Die grundlegende Bauart ist wegen seiner ausgeprägten Schachtform der Planrost-Gaserzeuger, bei dem die Reaktionsgase (Luft) im Gegenstrom zu den abwärts fallenden Brennstoffteilchen aufsteigen. Dies entspricht den chemischen Bedingungen am besten, weil die hohen Temperaturen beim ersten Zusammentreffen mit der Luft (Bildung von CO_2) ein vollständiges Ausbrennen begünstigen, während die aufsteigenden heißen Gase nach Beendigung der Reaktionen als Wärmeträger für die Anwärmung des Brennstoffes dienen. Die Rückstände sammeln sich bei diesem Vorgang auf dem Rost immer mehr an, so daß sich die Lage der einzelnen Zonen verschiebt. Trotzdem wird man die Entfernung der Asche nur in größeren Zeitabständen (12 bis 24 h) durchführen, weil die Gaserzeugung während dieses Vorganges gestört wird.

Durch die seitlich angeordneten Schlackentüren werden die Rückstände entfernt. In entsprechender Höhe über dem Rost werden meist einige Notroststäbe eingeschlagen, um ein Nachsinken der Beschickung während der Bearbeitung zu verhindern, wodurch leicht unvergaster Brennstoff in die zu entfernenden Rückstände gelangen würde und außerdem sehr leicht Beschädigungen der Bedienungsmannschaft (durch Herausschlagen der Flammen beim plötzlichen Nachstürzen) eintreten könnten. Während die Luft einerseits völlig ununterbrochen zugeführt, ebenso das erzeugte Gas ununterbrochen abgeführt, und auch der Brennstoff in mög-

Abb. 4. Gaserzeuger von Bémelmanns, DRP 76 421.

Abb. 5. Gaserzeuger von de Laval, DRP 81 545.

Zahlentafel 1. Übersicht der Patententwicklung der Gaserzeuger bis zum Drehrost.

Patentnummer DRP	Jahr	Name	Gegenstand
29 316	1884	Brook	Drehbare Windhaube mit Aschenteller, Abb. 2
50 137	1889	Taylor	Feststehende Windhaube, drehbarer Teller mit Aschenräumern, Abb. 3
52 296	1889	Hopcroft	Schräger drehbarer Planrost mit Brennstoffzufuhr von unten
71 778	1893	Ketchum	Drehbarer Planrost mit darunter liegendem Aschenteller und seitlicher Austragung zwischen beiden
76 421	1893	Bémelmanns	Hoher zylindrischer drehbarer Rührkörper, Abb. 4
81 545	1894	de Laval	Drehbarer Stufenrost, Abb. 5
81 763	1893	Kitson	Drehbare und hebbare schräge Scheibe, Schlitzrost im Mantel, mittlere Windzuführung verdeckt in der Platte
87 444	1895	Müller	Kegelförmige Rostplatte über dem ganzen Schacht mit Rührwerk, Abb. 6
88 565	1896	de Laval	Abstreifer zu Patent 81 545 oder ähnlichen
98 981	1897	Deutzer Motorenfabrik	Drehbarer Teller mit kegelförmigem Rost, Abb. 7
27 379[1]	1897	Talbot und Hughes	Drehbarer Schacht mit mechanischer Stochvorrichtung
108 183	1897	Kitson	Schräge feststehende gelochte Rostplatte mit mittlerer Windhaube
121 873	1900	Talbot	Rührwerk mit senkrecht durchgehender Welle und geneigten Rührarmen
122 718	1900	Groll	Kegeliger Rippenrost mit drehbarem Planrost ohne Austragung
124 682	1901	Fichet & Heurthey	Drehbarer und verschiebbarer Teller mit fester Windhaube
140 639	1901	Duff	Drehbarer vieleckiger Schacht
16 700[2]	1903	v. Kerpely	Runder exzentrischer Drehrost, Abb. 8 und 9
168 874	1904	v. Kerpely	Polygonaler Drehrost, Abb. 10 u. 11.

[1] Englisches Patent. [2] Österreichisches Patent.

lichst kurzen Zeitabständen und kleinen Mengen eingebracht wird, ist der fortlaufende Vorgang hinsichtlich der Asche nicht gewahrt. Dies wäre nur möglich, wenn die Asche z. B. durch den Rost durchfallen würde, was sie auch teilweise bei manchen Brennstoffen tut.

Bei Gaserzeugern sind Bauarten mit beweglichen Roststäben verhältnismäßig wenig angewendet worden; auch kann diese Art der Beweglichkeit nicht als eine endgültige Lösung der Aufgabe betrachtet werden. Hier ergibt sich ein wesentlicher Unterschied zwischen den Feuerungen und den Gaserzeugern. Bei den Feuerungen genügt eine leichte Lockerung der Brennstoffschicht, um der Luft immer wieder Zutritt zu geben, während die Verhinderung von Verschlackungen nicht unbedingt erforderlich ist. Dagegen sind beim Gaserzeuger Schlackenbildungen das größte Übel; nicht nur wegen ihrer schwierigen Entfernung, weil es sich stets um einen geschlossenen Rostraum handelt, dem die Luft unter Druck zugeführt wird, sondern auch wegen der Bildung von Hohlräumen und Kanälen, die die notwendige Reduktion von CO_2 erschweren oder unmöglich machen und so zu einer schlechten Gaszusammensetzung führen. Bei der Feuerung wird man stets mit einem gewissen Überschuß von Luft rechnen müssen, während beim Gaserzeuger das Vorhandensein von Luft in den oberen Schichten ausgeschlossen werden muß.

Die ununterbrochene Entfernung der Asche ist daher beim Gaserzeuger eine der ältesten Aufgaben, und man mußte ganz andre Einrichtungen schaffen als bei den Feuerungen, selbst wenn die Rostbauart von der üblichen nur wenig abweicht. Die Aufgabe wurde später bei Planrosten durch Anwendung der bereits erwähnten Notroste in Verbindung mit klappbaren Rosten (Turk) oder fahrbaren Rosten (Blezinger) oder mittels hebbarer Mäntel in annehmbarer Weise gelöst. Indem aber mehr und mehr die Bauart der Plan- und Treppenroste verlassen wurde und die Roste kleiner gestaltet und sogenannte Aschenräume unterhalb oder seitlich der Roste geschaffen wurden, wurde auch eine andre Lösung der Aufgabe mittels Schnecken[1]) bei Feuerungen wie auch bei Gaserzeugern gefunden. Da sich solche aber erklärlicherweise bei den heißen und harten Aschenmassen sehr stark abnutzten und eine sehr geringe Haltbarkeit und Betriebsicherheit zeigten, haben sie sich nicht eingebürgert; selbst in Verbindung mit dem später bei Gaserzeugern angewendeten Wasserbad[2]) haben sich solche Schnecken wegen der starken Abnutzung nicht bewährt.

Man hat daher allezeit nach anderen Lösungen gestrebt; in Zahlentafel 1 ist das Wesentliche der Bauarten der hierfür in Frage kommenden Patente aus der Entwicklungszeit angeführt. Für die Aufstellung sind vorwiegend deutsche Reichspatente verwendet worden, da die Entwicklung nach der Patentliteratur andrer Länder die gleiche ist. Abb. 2 bis 11 zeigen einige der wichtigsten Ausführungen. Die Zahlentafel ist mit der Erfindung des Drehrost-Gaserzeugers durch von Kerpely (nach dem österreichischen Patent von 1903) abgeschlossen.

Bei der Bauart von Brook, Abb. 2, ist die Windhaube durch einen untergebauten Teller drehbar ausgebildet worden, so daß zwischen dem unteren Rande des Schachtes und dem Teller ein Schlitz frei blieb, durch den die Asche durchfiel oder ausgeworfen werden konnte. Taylor hat die Bauart vereinfacht, indem er nur den Teller drehbar machte und die Windhaube in Ruhe beließ, Abb. 3; diese Bauart ist von Fichet & Heurthey sowie der Deutzer Motorenfabrik Abb. 7, weiter entwickelt worden.

[1]) DRP 937 aus dem Jahr 1877 und 46458 aus dem Jahr 1888 von Sickel, 125234 aus dem Jahr 1900 von Faugé.

[2]) Englisches Patent 4697 aus dem Jahr 1882 von Wilson.

RZ968Z6u7

Abb. 6. Gaserzeuger von Müller, DRP 87444.

Abb. 7. Gaserzeuger der Deutzer Motorenfabrik, DRP 98981.

Die Bauart von de Laval, Abb. 5, ist besonders aus dem Grunde bemerkenswert, weil die Konstruktion die Auflösung des Rostes in einzelne Platten, die die zwischenliegenden Windschlitze freilassen, erkennen läßt. Eine ganz eigenartige Bauart ist die von Müller, Abb. 6, ohne drehbaren Rost, mit einem drehbaren, geneigten Aschenteller und einem Rührwerk, das die Rückstände von der Mitte zum Rande hin bewegt, wo sie durch einen hebbaren Mantel entfernt werden konnten; anders als bei Taylor finden wir hier anstatt der Abstreifer die Bewegung in den Einbau verlegt. Ganz abweichend ist die Bauart von Bémelmanns, Abb. 4, der die Wirkung des drehbaren Teiles über die ganze Höhe der Beschickung ausdehnen wollte; die Bauart stellt somit ein Gegenstück zu den drehbaren Schächten dar, der innere Zylinder ist jedoch nicht exzentrisch angeordnet. Den ersten drehbaren Schacht finden wir in der Bauart von Talbot und Hughes, während die Bauart von Duff bereits die exzentrische Ausgestaltung des Schachtes (zehneckig) aufweist, damit der Gaserzeugerinhalt besser mitgenommen und die Bewegung gesichert werde.

Der Grundgedanke des Drehrostes von v. Kerpely, Abb. 8 bis 11, ist gegenüber den älteren Bauarten wesentlich weitgreifender. Drei technische Gesichtspunkte sind zu unterscheiden, nämlich:

1. den Rost zu bewegen und so zu gestalten, daß der Rost eine möglichst weitgehende Bewegung im Brennstoffbette hervorruft,
2. den Rost möglichst groß zu bemessen und die freie Rostfläche groß zu gestalten, um eine vergrößerte Leistung zu erhalten und gleichzeitig die aus der Folgerung 1 sich ergebende exzentrische Ausbildung dahingehend zu benutzen, daß der Rost bei seiner Drehung eine größere Fläche des Schachtes, also der Unterfläche des Brennstoffes, bestreicht, als er selbst hat,

RZ968Z10u.11

RZ968Z8u9

Abb. 8 und **9** nach dem österreichischen Patent 16700.

Abb. 10 und **11** nach DRP 168874.

Abb. 8 bis **11.** Gaserzeuger von v. Kerpely.

Abb. 12 und 13. Gaserzeuger mit drehbarem Teller.

3. die Asche selbsttätig auszutragen, indem man den Rost mit einer Wasserschüssel baulich verband und außerdem in die so entstehende Schüssel ein feststehendes Staublech als Aschenräumer hineinragen ließ.

Die baulichen Kennzeichen, die den obengenannten Forderungen entsprechen, sind:

1. die exzentrische Gestaltung,
2. der Aufbau des Rostes aus einzelnen Platten, wodurch überdeckte Windschlitze größerer Abmessungen möglich sind,
3. die feste Verbindung des Rostes mit einer gleichfalls drehbaren Aschenschüssel und die Anwendung eines oder mehrerer feststehenden Staubleche.

Es wird noch gezeigt werden, inwieweit man bei den späteren Bauarten diese ursprüngliche Lösung verließ und mit Recht verlassen konnte. Alle drei Wirkungen beruhen jedoch auf der exzentrischen Ausbildung des turmartig in den Gaserzeugerschacht hineinragenden Rostes.

Die mechanischen Grundlagen der verschiedenen Bauarten.

Drei grundsätzliche Bauarten von Gaserzeugern können nach dem vorstehend Gesagten unterschieden werden, indem jeweils verschiedene Teile drehbar ausgestaltet werden. Dies sind:

a) die drehbaren Teller,
b) die drehbaren Schächte,
c) die Drehroste.

a) Die drehbaren Teller.

Einen drehbaren Teller unter einem Gaserzeugerschacht zeigt Abb. 12, wobei die Windhaube zur besseren und sicheren Erkennung des Wesentlichen weggelassen ist. Die ganze Beschickung ruht auf dem Teller, und dieser wird bei seiner Drehbewegung versuchen, den Inhalt mit in Drehung zu versetzen. Jeder seitlichen Verschiebung eines einzelnen Brennstoffteiles in den unteren Schichten wirkt jedoch die Last der Beschickung entgegen, und die Mitnahme der Brennstoffsäule ist daher nur dann zu erwarten, wenn die Säule von geringer Höhe, also geringem Gewicht ist. Bei einer größeren Höhe der Beschickung wird sich die Mitnahme nur bis zu einer geringen Höhe erstrecken.

Eine austragende Wirkung der Rückstände wird sich aber auch bei fortwährender Drehung des Tellers nicht ergeben, weil kein Moment vorhanden ist, das die Teilchen in radialer Richtung bewegt. Will man eine regelmäßige Entfernung der Rückstände erreichen, so muß man Aschenräumer einbauen, die in dem Zwischenraum zwischen Teller und Schacht in die Beschickung hineinragen, bei der drehenden Bewegung der Teilchen eine Stauung hervorrufen, wodurch schließlich die Rückstände in radialer Richtung abgelenkt und ausgetragen werden.

Anders, aber nicht grundsätzlich verändert wird das Bild, wenn wir uns den Teller mit einer gleichfalls mitbewegten, aber zentrisch ausgestalteten Windhaube denken. Die Windhaube stellt dann lediglich eine Erhöhung des vorher ebenen Tellers dar, und die mitnehmende Wirkung des Tellers wird sich daher bis in eine höhere Schicht fortpflanzen können. Zugleich wird die Trennlinie zwischen den bewegten und den ruhenden Teilchen geneigt liegen; es findet daher leichter eine Ableitung der in der Mitte des Schachtes niedergehenden Teilchen nach dem Rande zu statt. Diese Bauart weist deshalb in geringem Maß eine radiale Bewegung oder Ablenkung der Teilchen auf, und der Zusammenbau des Tellers mit einer Windhaube, die mit dem Teller gleichzeitig drehbar ist, wird daher eine vorteilhaftere Ausbildung darstellen. Die Bauart nach dem Patente von Brook ist so durchgebildet.

Anders wird aber der Vorgang, wenn in Verbindung mit dem drehbaren Teller eine feststehende Windhaube hinzutritt, Abb. 13. Die gestrichelt eingezeichnete Trennlinie zwischen bewegten und ruhenden Teilchen gilt in dem Falle, wenn die Windhaube mit umläuft. Bleibt jedoch die Windhaube in Ruhe, so wirkt sie in gleicher Weise wie der untere Rand der Schachtwand bewegungshemmend, und die Trennlinie zwischen ruhendem und bewegtem Teil des Brennstoffinhaltes wird etwa so verlaufen, wie der voll ausgezogenen Linie entspricht. Es bilden sich daher geneigte Trennflächen, die nicht nur nach dem Rande des Tellers zu gerichtet sind, sondern auch solche, die nach der Windhaube abfallen. Die Beschickung in der Nähe der Windhaube wird zwar verhältnismäßig locker liegen, weil die Haube die Last der Beschickung aufnimmt. Der Nachteil liegt jedoch darin, daß unmittelbar neben der Windhaube eine Stauung der Aschenmassen eintreten kann, und daß man mit Hilfe der Abstreifer nicht in der Lage ist, die dort befindlichen Rückstände zu entfernen.

b) Die drehbaren Schächte.

Betrachten wir die Füllung eines zylindrischen Gefäßes, bei dem der Mantel drehbar ist und die Bodenplatte feststeht, bei der Drehung des Mantels, Abb. 14, so ist folgendes zu sagen:

Die der Wand zunächstliegenden Teilchen der Füllung werden vermöge der Reibung mit in Bewegung versetzt; als gegenwirkende Kraft kommt die den Beharrungszustand erhalten wollende Schwere in Frage. Infolgedessen wird die Beschickung in den oberen Schichten leichter mitgeführt als in den unteren, weil die Schichten unter dem Gewicht der darüber lagernden Massen ruhen. Gestaltet man die Reibung groß genug, die Bewegung schneller als üblich, so wird bei kleinem Durchmesser des Zylinders die obere Fläche vollständig mit umlaufen und unter dem Einfluß der Bewegung einen Trichter bilden, während sich die bewegte Randschicht nach unten verringert. Im vorstehenden wurden auch bereits alle Einflüsse erwähnt, die in Betracht kommen; tatsächlich ist nun die Geschwindigkeit viel kleiner, die Durchmesser sind größer und auch die Reibung ist meist geringer, so daß nicht einmal die an der Wand liegenden Schichten dauernd mitgenommen werden. Die Beeinflussung nimmt vom Rande gegen die Mitte ab und es gibt keine feste Trennschicht zwischen bewegten und stehenden Teilchen. Tatsächlich wird aber der Kern der Beschickung durchaus nicht beeinflußt.

Abb. 14 bis 16. Gaserzeuger mit drehbaren Schächten.

Das Bild ändert sich, sobald die Beschickung nicht in dem Zylinder verbleibt, sondern ihn lang-

sam von oben nach unten durchwandern muß, d. h. am unteren Ende des Mantels eine Austragung vorhanden ist, Abb. 15. Die Gewichtwirkung der Randpartie, die im ersten Falle durch die Reibung überwunden werden mußte, tritt nun weniger in die Erscheinung, weil die Beschickung gleichzeitig mit der Schachtwand umlaufen und nach unten fallen kann. Der Einfluß des bewegten Mantels erstreckt sich besonders im unteren Teile mehr zur Mitte, wobei aber das früher Gesagte Geltung behält, daß eine feste Trennlinie nicht besteht und die Bewegung gegen die Mitte zu abnimmt. Der steile Kegel hat sich wesentlich verkleinert. Der Kegel stellt einen toten Raum dar, dessen Inhalt nicht bewegt wird, und es lag daher nahe, die unteren Platten (oder Teller) so auszubilden, daß sie die toten Räume möglichst verringerten und zugleich eine übermäßige Austragung verhinderten, indem man den Rand nach oben bog, Abb. 16. Die Austragwirkung wurde nun verstärkt und regelbar gemacht, indem man Aschenräumer vom Außenraum über die Teller einführte. Durch die in Verbindung mit den feststehenden Tellern benutzten Windhauben wurde aber die Bildung von Schlackenklumpen an dieser Stelle der größten Umsätze und der höchsten Temperaturen nicht verhindert, so daß die Wirkung des drehbaren Schachtes nicht vollkommen befriedigt.

Die Wirkung bei einem Gaserzeuger mit umlaufendem Mantel und feststehendem Teller ist nicht wesentlich anders als die Wirkung eines drehbaren Tellers mit sich gleichzeitig mitdrehender Windhaube bei Anwendung eines feststehenden Schachtes, weil es für die Betrachtungen in der Hauptsache darauf ankommt, daß sich die Teilchen gegeneinander umlagern. Die gegenseitige Umlagerung wird aber in den Trennzonen am größten sein, während der Brennstoff in den Schichten oder Zonen, in denen er durch die bewegten Teile des Gaserzeugers die volle Geschwindigkeit von diesen übertragen erhält, sich gewissermaßen in einem Zustand verhältnismäßiger Ruhe befindet.

c) Die Drehroste.

In den auf dem Schüsselboden aufgebauten und mit diesem bewegten Rost *a*, Abb. 17, taucht der feststehende untere Mantelteil (Tauchring) *b*. Der Außenteil der Schüssel verläuft nach der Drehachse des Rostes als Umdrehungskörper, ebenso der Tauchring. Wenn wir daher von der Gestaltung des Rostes vorläufig absehen und die Schüssel mit Asche gefüllt denken, so wird bei der Drehung der Schüssel der Tauchring eine Rille einschneiden und eine wesentliche Bewegung der Asche nur dann eintreten, wenn die Asche einen größeren Widerstand bietet und somit die Bewegung der Asche in der Nähe des Tauchringes stark gehemmt wird.

Anders stellt sich das Bild im Gaserzeuger dar, wo zur Schüssel der Rost hinzutritt und zudem die Füllung innerhalb des Schachtes unter der Last der Brennstoffsäule steht, so daß jeder sich etwa bildende Hohlraum sofort durch nachstürzende Teile erfüllt wird. Die Übertragung der Geschwindigkeit vom Rost auf die Asche wird ebenso von dem Widerstand des Füllstoffes abhängen wie die Aufhebung der Geschwindigkeit v zwischen Tauchring und Asche. Die Größe der jeweiligen Geschwindigkeit in den wechselnden Abständen c zwischen Tauchmantel und Rost verläuft demnach nicht wie die Gerade OA, Abb. 18, sondern

Abb. 18. Verlauf der Aschengeschwindigkeit zwischen Tauchmantel und Rost.

Abb. 20. Wagerechter Schnitt durch einen zentrischen Drehrost mit angenietetem Winkel.
a Drehrost *b* Gaserzeugermantel.

wahrscheinlich nach einer doppelt gekrümmten Linie, so daß die Geschwindigkeit im nahen Abstand vom Tauchmantel bereits erheblich ist und dann verhältnismäßig langsam weitersteigt, um in nächster Linie des Rostes erst eine Geschwindigkeit v_2 zu erreichen, die wesentlich kleiner als v ist. Man wird demnach nicht allzuweit fehlgehen, wenn man der Asche in der Schüssel eine mittlere Geschwindigkeit v_3 zuspricht, die für durchschnittliche Verhältnisse etwa gleich $\frac{1}{3}\,v$ ist.

Ganz unabhängig von der Rostgestaltung wird daher ein Teil der Aschenfüllung in der Bewegung zurückbleiben und sich im Verlaufe der fortgesetzten Drehung unter dem von oben im Gaserzeuger wirkenden Druck der Mitbewegung zu entziehen suchen, Abb. 19. Dadurch ist ein bekannter Vorgang begründet, den man beim Füllen und ersten Ingangsetzen eines Gaserzeugers stets beobachten kann. Die Asche wird von oben in den Gaserzeuger gefüllt und böscht sich etwa nach der Linie AB, Abb. 19. Läßt man nun die Schüssel laufen, so steigt die Asche ohne Zuhilfenahme des Aschenräumers in der Schüssel hoch, und zwar um so höher, je größer der Widerstand der Asche ist (bei grobstückiger, verschlackter, unregelmäßig geformter Asche am höchsten).

Das Gesagte gilt für einen zentrisch gesetzten Rundrost ebenso wie für einen irgendwie exzentrisch gestalteten (also von einem Umdrehungskörper abweichenden) Rost. Die Überlegung, weshalb der Erfinder von Anfang an exzentrisch wirkende Roste anwendete, war folgende: Um die angestrebte, höhere Durchsatzleistung zu erreichen, mußten auch größere Aschenmengen entfernt werden; die oben geschilderte Wirkung war nun bei exzentrischen Rosten in erhöhtem Maße zu erwarten. Das läßt sich, wie folgt, begründen; Je größer der Widerstand der Füllmasse wird, und der Widerstand der Füllmasse ist bei den Generatoraschen meist erheblich, desto kleiner wird v_2 sein, weil nicht nur die Reibung des Tauchmantels bewegungshemmend wirkt, sondern auch die Last der Beschickungssäule, sofern diese sich nicht in ihrer Gesamtheit bewegt; da letzteres nicht zu erwarten steht, fällt v_2 tatsächlich sehr klein aus, und man muß danach trachten, die Übertragungs-

Abb. 17. Senkrechter Schnitt durch einen schematisch dargestellten Drehrost.

Abb. 19. Aschenbewegung im Drehrost.

Abb. 21. Tote Räume bei einem Drehrost nach Abb. 20.

Abb. 22. Bewegung eines Schlackenstückes M im Drehrost.

Abb. 23. Bewegung der Asche im oberen Teil eines exzentrischen Drehrostes (senkrechter Schnitt).

a Drehrost *b* Gaserzeugermantel.

wirkung der Bewegung vom Rost auf die Aschenfüllung zu verbessern, wozu die exzentrische Gestaltung des Rostes am besten geeignet ist. Ein zentrischer Rundrost, Abb. 20, habe an einer Stelle einen Mitnehmer (z. B. einen angenieteten Winkel). Die in dem toten Raume dicht hinter diesem Mitnehmer liegenden Aschenteilchen werden bestimmt die volle Geschwindigkeit v des Rostes aufweisen. Da nun die Reibung oder der Widerstand zwischen Asche und Asche größer ist als zwischen Asche und dem glatten Guß eines Rostes, so wird die Asche im ganzen besser mitgenommen und die Verminderung von v auf v_2 tritt nicht so sprunghaft ein, Abb. 18, sondern langsamer, und die Geschwindigkeitslinie wird etwa nach Linie v_1, Abb. 18, verlaufen.

Zu untersuchen ist nun, wie weit sich die Schutzwirkung eines solchen Mitnehmers mit der äußersten Kante A, Abb. 20 und 21, erstreckt, und was als toter Raum zu bezeichnen ist. Denn naturgemäß wird man solche bei zweckmäßiger Konstruktion vermeiden. Bei einem theoretisch angenommenen Widerstand gleich null und großer Geschwindigkeit des Rostes wird der Schutzraum ein voller Kreis I, Abb. 21, sein. Für praktische Fälle dürfte bei kleinem Widerstand die oberste Linie II, bei größtem Widerstand die unterste Linie IV zutreffen. Die mittlere Linie III für einen mittleren Widerstand entspricht nun einem Kreis über AC, also einem Kreise, der um die Hälfte von AB exzentrisch zum Kreis über BC gesetzt ist. Dies entspricht der ersten Bauart von v. Kerpely[1]), der anfänglich aus konstruktiven Rücksichten der Vorzug gegeben wurde.

Für die tatsächlichen und durchschnittlichen Verhältnisse entspricht besser die Linie IV, eine Ellipse mit der großen Achse AC und der kleinen Achse EF. Diese Form entspricht dem DRP Nr. 168874; die Ellipse stellt die beste Lösung dar.

Die gleiche Wirkung läßt sich naturgemäß mit rhombischen oder polygonalen Grundrißformen erreichen. Je mehr sich die Form dem zentralen Rundrost nähert, desto geringer wird die Wirkung sein. Anderseits hat aber die kantige Ausbildung des Rostes bei der vieleckigen Grundform den Vorteil, daß die Kanten zahlreiche Angriffpunkte für die Übertragung der Bewegung bilden und so bei der verhältnismäßig schnellen Aufeinanderfolge eine gute Wirkung erreicht wird. Glatte Flächen werden stets ein leichteres Ausweichen der Asche zulassen; man wählte daher bei der praktischen Ausbildung anstatt der Ellipse ein dieser Kurve angenähertes Polygon.

[1]) Österreichisches Patent 16700 vom Jahre 1903.

Abb. 24. Gaserzeuger mit bewegtem Schacht.

Abb. 25. Drehrost-Gaserzeuger.

a mit den bewegten Gaserzeugerteilen, mitbewegte Beschickung. *b* in Ruhe befindliche Beschickung. *c* Trennzonen zwischen beiden. *d* sich bewegendes Beschickungsteilchen.

Die Wirkung der Exzentrizität würde nun lediglich eine Mahlarbeit sein, wenn sich der Vorgang nur zwischen Rost und Tauchring abspielen würde. Er ändert sich aber dadurch, weil unterhalb des Tauchringes die Asche in der Schüssel nach außen ausweichen kann. Die ausladenden, exzentrischen Teile des Rostes bringen daher eine schiebende Wirkung mit sich, Abb. 22. Nehmen wir ein Schlackenstück M an, das unter dem Tauchring liegt, so wirkt auf dieses die übertragene Wirkung der Mahlkante A in der Richtung der Komponente y_1 und anderseits die Drehbewegung der Schüssel mit ihrem gesamten Inhalt in der Richtung der Tangente, also der Komponente y_2. Beide zusammen ergeben eine dazwischenliegende, in ihrer Größe und genauen Richtung allerdings kaum festzustellende Resultante z. Die schiebende Wirkung kann am augenfälligsten bei rhombischen Rosten beobachtet werden, wo sich ohne Einwirkung der Staustellen Aschenberge in der Schüssel feststellen lassen, wenn man mit sehr grobstückiger, unregelmäßig geformter Asche arbeiten muß. Die Aschenberge liegen etwa 30 bis 60° vor der Mahlkante, und man kann daher in manchen Fällen annähernd die Stellung des Rostes nach dem Aussehen der Aschenschüssel angeben.

Die abschiebende Wirkung des Rostes muß nun naturgemäß hinter der Mahlkante Platz für von oben nachfolgende Stücke ergeben. Hohlräume treten allerdings selten ein, weil der Druck der Brennstoffsäule zu groß ist; jedenfalls ist es aber sicher, daß die Asche hinter der Mahlkante loser oder lockerer liegen wird als vor der Mahlkante.

Wesentlich anders ist die Wirkung der exzentrischen Bauart im oberen kegeligen Teile des Rostes. Obwohl auch dort die Last der Beschickung aufruht, allerdings eine geringere, so wird doch schon wegen der geneigten Lage ein Ausweichen nach oben in geringem Maß eintreten. Ist AB, Abb. 23, mahlende Kante eines exzentrischen Rostoberteiles, so wird die im gleichen Sinne wie nach Abb. 22 zu konstruierende Resultante nicht wagerecht verlaufen, sondern nach oben geneigt, weil die eine Komponente im Raume senkrecht zu AB liegt. Der Druck der Brennstoffsäule läßt naturgemäß ein bemerkbares Ausweichen kaum zu, aber beim Öffnen von den in Rosthöhe liegenden Schürlöchern kann man meist feststellen, daß die Asche vor der schiebenden Kante dichter liegt. Einen Beweis für das Gesagte kann man auch beim ersten Anlassen der Gaserzeuger beobachten. Wenn die Schlacke vor dem Anstecken nach CD eingefüllt ist und man den Rost umlaufen läßt, so ergibt sich schon nach einmaliger Umdrehung eine augenfällige Verminderung des Böschungswinkels, bis sich bei fortgesetztem Umlaufen die obere Begrenzungslinie etwa nach d, Abb. 23, einstellt.

Aus den obigen Darlegungen geht hervor, daß die Bauart des üblichen Drehrostes die angestrebte Wirkung auch ohne Hilfe des Staubleches erreicht. Das Staublech unterstützt lediglich die Wirkung des Rostes, weil das feststehende Staublech in ähnlicher Weise wie der feststehende Tauchmantel bewegungshemmend wirkt. Die Asche, die während der Bewegung der Schüssel gegen das Staublech stößt, wird vollständig in der Weiterbewegung behindert und steigt unter dem Drucke der nachschiebenden Aschenmassen an dem Staublech hoch. Aber auch bei nicht bis auf den Boden der Schüssel reichendem Staublech zeigt sich die Wirkung, und zwar dann in dem gleichen Sinne wie am Tauchmantel.

Die Wirkung des Staubleches ist daher grundsätzlich ganz unabhängig von der Wirkung des Rostes und kann

hauptsächlich darin erblickt werden, die unter der Wirkung des Rostes in der Schüssel langsam hochsteigende Asche völlig über den Rand der Schüssel abzuwerfen.

Wie man sieht, bewirkt der Drehrost in erster Linie eine Bewegung der Aschenschichten. Aber eine Bewegung der Brennstoffschichten ohne entsprechende Bewegung der Aschenschichten ist undenkbar. Denn an der gleichen Stelle, wo die intensive Vergasung eintritt, bilden sich die Rückstände der Aschen und Schlacken. Zwischen der kalten, ausgebrannten Aschenschicht im alleruntersten Teile des Gaserzeugers und der untersten Brennstoffschicht, die tatsächlich noch als Brennstoff zu bezeichnen ist, liegen daher räumlich ziemlich ausgedehnte Übergangsschichten, die man weder als Aschenschichten noch als Brennstoffschichten bezeichnen kann; man nennt sie Vergasungsschichten. Diese sind besonders bei aschenreichen Brennstoffen ziemlich hoch; die älteren Roste haben daher im prismatischen Teile noch Windschlitze, um die Endvergasung möglichst vollständig zu gestalten.

RZ968Z26+29

Abb. 26 und 27. Polygonrost des v. Kerpely-Gaserzeugers.

Abb. 28 und 29. Neuer Flachrost nach Rehmann.

An Drehrost-Gaserzeugern im Betriebe wurde wiederholt festgestellt, daß der Einfluß der Rostbewegung auf die über dem Rost befindlichen Schichten etwa 40 bis 50 cm reicht. Die Bewegung des Rostes wird aber in diesem Raume nicht nur eine dichtere Lage (in ähnlicher Weise wie Schütteln) hervorrufen, sondern die Teilchen werden sich dabei auch immer wieder in dem Sinn umlagern, daß andere Flächen dem Gasstrome zugewendet sind. Nur so läßt sich die angestrebte Steigerung der Vergasungsleistung erreichen, und eine solche ist in allen Anwendungsfällen festgestellt worden. Anderseits verhindert die fortdauernde Bewegung der Aschenschichten die Bildung größerer Verschlackungen und Aschenklumpen, oder aber solche werden sofort zermahlen, so daß eine Störung des Gaserzeugerbetriebes verhindert wird und ein anstandloses Arbeiten gesichert erscheint.

Der Drehrost-Gaserzeuger ist daher berufen, die an ihn gestellten Forderungen vollkommen zu erfüllen. Lediglich für die weitere Entwicklung war es von Wichtigkeit, die einfachste Bauart zum Erreichen der exzentrischen Wirkung zu finden und die richtige Neigung des kegeligen Teiles, sowie die notwendige Höhe des prismatischen Teiles durch Betriebsversuche festzustellen.

Folgerungen.

Die für den Konstrukteur sich ergebenden Schlüsse sind folgende:

1. Der drehbare Teller bewegt die unterste Schicht des Schachtinhaltes ihrem ganzen Querschnitte nach, vermag jedoch eine Austragung nur in Verbindung mit Aschenräumern durchzuführen. Die Aschenräumer werden durch die an dieser Stelle herrschende Glut gefährdet.
2. Bei der Anwendung drehbarer Teller wird man die Mitbewegung der Windhaube gegenüber feststehenden Windhauben bevorzugen, weil sich bei den drehbaren Tellern die mitnehmende Wirkung der umlaufenden Teile in wesentlich höhere Schichten des Gaserzeugers hinein erstreckt und geneigte Trennflächen zwischen dem bewegten und ruhenden Teil auftreten, die die Rückstände nach dem Rande besser abwandern lassen.
3. Der drehbare Mantel bewegt nur einen am Mantel anliegenden Ringteil, während der Kern der Brennstoffsäule in Ruhe bleibt. Eine Austragung ist in gleicher Weise wie bei den drehbaren Tellern nur mit Hilfe von eingesetzten Räumern möglich, und diese Austragung ist nur in beschränktem Umfange regelbar. Außerdem werden die entfernten Rückstände in der Hauptsache dem mitbewegten Inhalt aus dem am Rande liegenden Ringraum entstammen.
4. Der sogenannte Drehrost zeigt eine Bewegung der Brennstoffsäule im ganzen Querschnitt, und zwar bis zu einer Höhe von rd. 0,5 m über den Rost hinaus. Auch ohne Exzentrizität des Rostaufbaues bewegt sich die Beschickung abwärts, und in gleicher Weise wird die Asche unter dem unteren Rande des Mantels hinweg allein auf Grund der Rostbewegung entfernt. Erst zum Hochheben der Asche über den Schüsselrand hinweg ist die Anbringung von Räumern (Staublechen) notwendig.

Bei der Bauart mit Drehrost kann sich kaum irgend ein Brennstoffteilchen der Beschickung der Einwirkung des Rostes entziehen, diese Bauart läßt die weitaus größte Regelbarkeit aller Einflüsse zu, sie ist daher den anderen Bauarten vorzuziehen. Es könnte zunächst vermutet werden, ob nicht der Einfluß der Bewegung der gleiche ist, einerlei, ob der Schacht bei feststehender Schüssel mit Rostaufbau, Abb. 24, oder die Schüssel mit dem Rostaufbau bei feststehendem Schacht, Abb. 25, bewegt wird.

Die Endwirkung ist in beiden Fällen durchaus nicht gleich. Die Verteilung der Räume ist bereits verschieden. Die verschiedene Wirkung wird aber noch klarer, wenn ein bestimmtes Teilchen d in beiden Fällen herausgegriffen wird, das über dem kegeligen Teil des Rostes liegt. Beim Drehrost, Abb. 25, wird dieses Teilchen von dem Rost in Richtung nach dem Umfange mitgenommen, ist aber zugleich bestrebt, tangential und nach oben auszuweichen, wie früher dargelegt wurde. Die Beschickung wird daher am Rande verhältnismäßig dichter liegen, was vorteilhaft ist, weil stets das Randfeuer die gefürchtetste Erscheinung beim Gaserzeugerbetrieb ist, da sie eine Verschlechterung der Gaszusammensetzung bedingt.

RZ968Z30+33

Abb. 30 und 31. Stufenrost nach de Fontaine.

Abb. 32 und 33. Fächerrost der Bamag.

Abb. 34 und 35. Gaserzeuger, Bauart Eisenhüttenwerk Keula, mit drehbaren Abstreifern und feststehendem Planrost nach Art der Drehrostgaserzeuger, DRP 347 991.

Abb. 36 und 37. Bewegung eines Teilchens der Beschickung nahe der Mittelachse bis zum Verlassen des Gaserzeugers.

Bei dem Gaserzeuger mit bewegtem Schacht, Abb. 24, wird das Teilchen gleichfalls nach dem Umfange hin bewegt, aber zugleich versuchen, sich gegen die Mitte und nach oben hin der Bewegung zu entziehen. Die Beschickung wird in der Mitte dicht liegen, wo die Vergasung ohnedies am ungünstigsten und langsamsten vor sich geht. Außerdem ist es denkbar, daß sich Teilchen in dieser Zone in einer dauernd kreisenden Bewegung befinden, ohne daß sie am Rost vorbei in tiefere Schichten gelangen, weil die mittlere Brennstoffsäule ohnedies in Ruhe ist, deren Bewegungsstreben in senkrechter Richtung (infolge der Schwere) aber durch den feststehenden Rost aufgehalten wird. Die Bauart mit bewegtem Mantel unterstützt daher nicht die gleichmäßige Vergasung.

Durch die vorstehende Betrachtung der verschiedenen Bauarten nebeneinander wird man aber weiter in der Lage sein, zu beurteilen, ob man bestimmte konstruktive Verbesserungen des Drehrostes noch erwarten darf und in welcher Richtung solche zu erwarten sind. In bezug auf die Querschnittform ist festzustellen, daß sich eine mäßig geneigte Bauart (mit etwa 35° Neigungswinkel) am besten bewährt hat. Der hochgebaute Rost unterliegt dagegen der Gefahr von Verbrennungen und Verschlackungen, weil die schützende Aschenschicht sich zu schnell entfernt und infolgedessen das Eisen des Rostes unmittelbar mit Glut in Berührung kommen kann. Man ist daher nach wenigen Versuchen zu der flachen Rostform als Regel zurückgekehrt.

Mehrere Bauarten sind bekannt, die von Zeit zu Zeit durch ein zwangläufiges Bewegen (Heben) des Rostes eine Wirkung in senkrechter Richtung anstreben. Abgesehen von dem Umstand, daß eine solche Wirkung mit Rücksicht auf die vielen Hohlräume der Beschickung kaum sehr weit reichen kann und daher mehr oder weniger nur ein Dichtpressen des Brennstoffes hervorruft, das kaum vorteilhaft sein kann, ist die senkrechte Beeinflussung, Abb. 25, bei jedem Drehrost vorhanden.

Abb. 26 bis 33 zeigen vier Ausführungsformen bewährter Drehroste; aus ihnen ist ersichtlich, mit welchen verschiedenen Mitteln und mit welchen Formen man am sichersten die angestrebte Wirkung erreicht.

Zu untersuchen bleibt aber noch, ob nicht durch eine besondere Ausgestaltung der bewegbar angeordneten Teile weitere Vorteile über den Drehrost hinaus angestrebt werden können, nachdem ich bereits oben gezeigt habe, daß die Verwendung drehbarer Schächte bei gleicher baulicher Gestaltung der Roste einen solchen Vorteil nicht bringt. Nachfolgende Möglichkeiten kämen in Frage: a) Drehrost mit feststehender Schüssel, b) Drehrost mit gegenlaufender Schüssel, c) Planrost mit drehbaren Abstreifern und drehbarer Schüssel.

Von diesen verdient indessen nur die unter c) genannte Bauart besondere Beachtung[1]), und zwar aus folgenden Gründen. Bei der Rohbraunkohlen-Vergasung hat man die Beobachtung gemacht, daß die Glutschicht nur sehr niedrig ist (20 bis 35 cm); man glaubte nun, im Betriebe festgestellt zu haben, daß die Bewegung im Drehrost-Gaserzeuger zu stark ist, und daß durch diesen Einfluß die Glutschicht leicht zerteilt wird und somit unverbrannte Brenstoffteilchen vor den Rost kommen können.

Die in Vorschlag gebrachte Bauart des Eisenhüttenwerkes Keula, Abb. 34 und 35, ist eine solche Bauart, wobei es grundlegend einerlei ist, ob der Abstreifer wandert und der Rost feststeht, oder umgekehrt. Die Rückstände, die sich bis dahin senkrecht bewegt haben, werden an dieser Bewegung gehindert, die Asche staut sich auf dem Planrost auf und wird dann durch den Abstreifer in radialer und mehr oder weniger in tangentialer Richtung entfernt. Diese Austragung muß den Widerstand der darüberliegenden Brennstoffschicht überwinden, es ist also trotzdem, oder vielmehr gerade bei dieser Bauart möglich, daß die Glutzone zerrissen wird, sich Stauungen ergeben und unverbrannte Teile in die Rückstände gelangen. Rost und Abstreifer sind zudem durch die hohe Temperatur der Glutzone und die geringe Aschenschicht scharf gefährdet.

In einem Gaserzeuger der beschriebenen Bauart, Abb. 36, und in einem Drehrostgaserzeuger, Abb. 40, ist die Bewegung eines Teilchens nahe der Mittelachse bis zum Verlassen des Gaserzeugers angedeutet. Beim Drehrost-Gaserzeuger wird das Teilchen viel langsamer von der senkrechten Richtung abgelenkt, der Weg selbst ist aber länger, so daß eine völlige Vergasung eher gesichert erscheint. Die gewaltsame Richtungsänderung, die bereits unmittelbar über dem Rost, Abb. 37, eintritt, ergibt sich beim Drehrost-Gaserzeuger erst viel tiefer in der Schüssel; daher muß die Lagerung und Aufeinanderfolge der Schichten im Drehrost-Gaserzeuger viel gleichmäßiger sein und viel weniger gestört werden. Da man zudem imstande ist, die Bewegung des Rostes zu verlangsamen, so bietet die angeführte Bauart keine Vorteile gegenüber dem Drehrost-Gaserzeuger.

Eher erscheint es richtig, den Drehrost-Gaserzeuger in der Beziehung weiter zu entwickeln, daß man die Aschenaustragung von der Rostgeschwindigkeit unabhängig macht. Man kann dann bei Rohbraunkohlen, die eine ruhende Glutschicht erfordern, die Rostbewegung weitgehend verlangsamen. Dabei ordnet man die Abstreifer nicht in der Schüssel an, sondern bereits in einer höheren Zone, und wählt für die Entfernung der Asche über den Schüsselrand andere Hilfsmittel. In dieser Hinsicht sind bereits mehrere Vorschläge bekannt.

Jedenfalls zeigen die vorstehenden Ausführungen, daß eine wesentliche Weiterentwicklung des Erfindungsgedankens, der zur Bauart des Drehrost-Gaserzeugers führte, in den späteren Patenten und Bauarten nicht nachzuweisen ist und daß eine vorteilhaftere Bewegung der Brennstoffschichten in der Glutzone kaum erreicht werden kann. Lediglich der zuletzt genannte Gesichtspunkt, die Entfernung der Asche von der Bewegung der Brennstoffschichten unabhängig zu machen, verspricht bei gewissen Brennstoffen Vorteile. [B 968]

[1]) Ausführungen der Bauart unter a) und b) sind im Sonderheft „Entgasen und Vergasen" behandelt. Dort wird auch ein Verzeichnis sämtlicher deutschen Patente für Drehroste gebracht.

Wechselseitige Druckversuche an Aluminium.

Von G. Sachs und E. Schiebold.

(Mitteilung aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung, Berlin-Dahlem.)

Durch abwechselndes Stauchen von Aluminiumwürfeln in drei zueinander senkrechten Richtungen wird das Aluminium verfestigt, obwohl die Würfelgestalt annähernd erhalten bleibt. Nach längerem Stauchen haben sich die Kristalle oder Kristallteile des Aluminiums in bestimmte, zu den Druckrichtungen symmetrische Lagen eingeordnet, die mit Hilfe von Röntgenstrahlen ermittelt werden.

Struktur und Eigenschaften von Kristallhaufwerken werden durch Verformung geändert. Die Eigenschaftsänderungen bringt man häufig mit der Veränderung der Gestalt, die in der Regel mit der plastischen Verformung verbunden ist, in Beziehung. Es erschien daher wichtig, den Einfluß einer solchen Verformung zu verfolgen, die die Gestalt des Körpers wieder von Zeit zu Zeit in der ursprünglichen Form wiederherstellt, wie es z. B. bei der Dauerbeanspruchung der Fall ist.

Die Veränderung des mechanischen Widerstandes und des Gefüges bei wechselseitigem Verdrillen von Kristallhaufwerken ist von P. Ludwik und R. Scheu[1]) verfolgt worden. Sie fanden eine einmalige und einseitige Erhöhung des Verformungswiderstandes, Verfestigung bei der ersten Verdrillung, bei den nächsten Verdrillungen hingegen stets nur noch einen Richtungswechsel dieser Verfestigung in die Richtung der letzten Beanspruchung hinein[2]). Im Gefüge blieb die Korngestalt annähernd erhalten, jedoch bildeten sich im Innern der Körner allmählich Risse, die schließlich zum Bruche führten.

Veränderung des mechanischen Widerstandes bei wechselseitigem Stauchen.

Als Verformungsvorgang wählten wir abwechselndes Stauchen von Aluminiumwürfeln[3]) (6,5 bis 25 mm Kantenlänge) senkrecht zu den Würfelflächen. Die einzelne Stauchung betrug 3 bis 5 vH der Würfelkante. Nach einer größeren Zahl von Stauchungen wurden die Versuche abgebrochen, da die Würfel allmählich ausknickten und eine annähernd rhomboedrische Gestalt annahmen. Ungefähr gleichzeitig ging der Verformungswiderstand meist durch einen Höchstwert, so daß sich nicht entscheiden ließ, ob der folgende Lastabfall mit dem Ausknicken zusammenhing oder eintretende Ermüdung anzeigte. Ein Bruch erfolgte in keinem Falle, war auch durch längeres, vorsichtiges Schmieden nicht zu erreichen[4]).

In den im folgenden wiedergegebenen Verformungskurven ist als Ordinate stets die wahre Spannung $s = \frac{P}{f}$ aufgetragen, worin P die Last und f der tragende Querschnitt ist. Da jedoch der Körper sich beim Druckversuch ausbaucht, kann der tragende Querschnitt f nur angenähert berechnet werden. Bedeutet V das Anfangsvolumen des Körpers, h_1, h_2, h_3 seine Abmessungen in den drei Richtungen und Δh_1 die erste Stauchung, so berechnen sich der Querschnitt f sowie die Längungen Δh_2 und Δh_3 der beiden andern Kanten aus der Konstanz des Volumens[5]):

$$V = h_1 h_2 h_3 = (h_1 - \Delta h_1) f .$$

Also:

$$f = \frac{V}{h_1 - \Delta h_1} .$$

Unter der Annahme, daß bei kleinen Stauchungen die beiden Querdehnungen einander gleich sind:

$$\frac{\Delta h_2}{h_2} \sim \frac{\Delta h_3}{h_3} = \lambda$$

und das Produkt $\Delta h_2 \Delta h_3$ der Stauchungen gegenüber Δh_2 und Δh_3 vernachlässigt werden kann, wird:

$$f = (h_2 + \Delta h_2)(h_3 + \Delta h_3)$$
$$= h_2 h_3 (1 + \;)^2$$
$$= h_2 h_3 (1 + 2 \lambda)$$

und wird $h_2 h_3 = f_0$ gesetzt, so ist:

$$2 \lambda = \frac{f - f_0}{f_0}$$
$$\Delta h_2 = h_2 \lambda$$
$$\Delta h_3 = h_3 \lambda .$$

Die Rechnung wird in gleicher Weise für die zweite Stauchung fortgesetzt, und zwar mit:

$$h_1' = h_2 + \Delta h_2,$$
$$h_2' = h_3 + \Delta h_3,$$
$$h_3' = h_1 + \Delta h_1$$

und

$$f_0' = (h_3 + \Delta h_3)(h_1 - \Delta h_1).$$

Der so bestimmte Verformungswiderstand $s = \frac{P}{f}$ wächst entsprechend Abb. 1 mit zunehmender Verformung ständig an, bis nach einer Anzahl von Beanspruchungswechseln der schon erwähnte Höchstwert durchschritten wird. Der Stoff wird also unabhängig von der Veränderung der äußeren Gestalt verfestigt[6]). Als Abszisse ist zunächst die Summe $\frac{\Delta h_1}{h_1}$ der spezifischen Stauchungen bei einmaliger Druckwirkung in einer Richtung eingeführt.

Abb. 1. Spannungs-Stauchungs-Schaulinien von abwechselnd in drei zueinander senkrechten Richtungen gestauchten Aluminiumwürfeln (99,6 vH Al, geglüht bei 500 °C 1 h).
a 20 mm Kantenlänge *b* 6,5 mm Kantenlänge

[1]) P. Ludwik u. R. Scheu, Z. Bd. 67 (1923) S. 122; vergl. Z. f. Metallk. Bd. 15 (1923) S. 68.

[2]) W. Ewald und M. Polanyi, Z. Phys. Bd. 31 (1925) S. 139, beobachteten die analoge Erscheinung beim wechselseitigen Biegen von Steinsalzkristallen. Hingegen haben wir bei mehrmaligem Verdrillen von Aluminiumkristallen ständig wachsende Verfestigung festgestellt.

[3]) Mit 99,6 vH Aluminiumgehalt in gegossenem sowie in geschmiedetem und ausgeglühtem Zustande (500 °C, 1 h). Die gegossenen Würfel waren grobkörnig (Korndurchmesser 1 bis 2 mm), die geschmiedeten feinkörnig bis mittelkörnig (Korndurchmesser 0,1 bis 0,5 mm). Das Material war freundlicherweise vom Lauta-Werk zur Verfügung gestellt worden.

[4]) Hingegen konnte früher (G. Sachs, Z. f. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 55) durch wechselseitiges Schmieden einer Kupferprobe ein Abschiebungsbruch erzwungen werden. Die Unmöglichkeit, einigermaßen reines Aluminium auf diese Weise zu Bruch zu bringen, dürfte wohl mit der schon bei gewöhnlicher Temperatur vor sich gehenden Entfestigung zusammenhängen (P. Ludwik, Int. Z. f. Metallogr. Bd. 8 (1916) S. 53).

[5]) Diese ist bei plastischen Verformungen mit ausreichender Genauigkeit gewahrt. Vergl. G. Sachs, Grundbegriffe der Mechanischen Technologie der Metalle, Leipzig 1925, S. 176.

[6]) P. Ludwik u. R. Scheu, Z. Bd. 67 (1923) S. 122, vergl. auch Z. f. Metallk. Bd. 15 (1923) S. 68.

2 × vergrößert

Abb. 3. Würfel aus einem Aluminium-Gußblock.
Unterschiedliche Reflexion der einzelnen Körner. Geätzt mit Salzsäure-Flußsäure nach Czochralski.

2 × vergrößert

Abb. 4. Aluminiumwürfel, stark wechselseitig geschmiedet.
Verschiedenartige Reflexion innerhalb der einzelnen Kristalle.

2 × vergrößert

Abb. 5. Aluminiumwürfel, stark wechselseitig geschmiedet und sehr tief geätzt.
Die gleichartige Reflexion eines großen Teiles der Kristalle weist auf die kristallographische Gleichrichtung der Kristallteile (Verformungsstruktur) durch Schmieden hin.

Abb. 2. Spannungs - Stauchungs - Schaulinien für Aluminium (99,6 vH, geglüht bei 500 °C 1 h). Querschnitt quadratisch.

Die auf diese Weise aufgetragene Verformungskurve wechselseitigen Stauchens läßt sich mit der Verformungskurve des gewöhnlichen Druckversuchs nicht vergleichen, weil bei diesem der Grenzwert der spezifischen Stauchung gleich 100 vH, bei wechselseitiger Stauchung hingegen der Betrag der Stauchung nicht begrenzt ist. Eine Vergleichsgrundlage läßt sich jedoch in der Weise schaffen, daß die Stauchungen ε_n um so geringer gewertet werden, je weiter die Verformung fortgeschritten ist, so als ob die vorangegangenen Stauchungen $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \cdots, \varepsilon_{n-1}$ eine Verringerung der Höhe bewirkt hätten.

Also
$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h_1}{h_1}, \quad \varepsilon_2 = \frac{\Delta h_1'}{h_1'}(1-\varepsilon_1), \quad \varepsilon_3 = \frac{\Delta h_1''}{h_1''}(1-\varepsilon_2) \text{ usf.}$$

Auch die gewöhnliche Stauchkurve kann wegen des Einflusses der Reibung in den Druckflächen nicht unmittelbar dem Versuch entnommen, sondern muß aus den Stauchkurven für Probekörper verschiedener Höhe extrapoliert werden[1]). Sie fällt dann bei kleinen Verformungen annähernd mit den Kurven solcher Probekörper zusammen, deren Höhe ihre Breitenabmessung überschreitet, weicht aber bei größeren Verformungen von diesen Kurven erheblich zu kleineren Verformungen ab. Die so auf den unendlich hohen Probekörper bezogene Stauchkurve wurde hier an Hand der Stauchkurven für vier Probekörper quadratischen Querschnitts von 20 mm Kantenlänge und 5, 10, 20 und 40 mm Höhe bestimmt.

Der Vergleich der Verformungskurven in Abb. 2 für den gewöhnlichen und den wechselseitigen Stauchversuch lehrt, daß die Verfestigung bei gewöhnlichem Stauchen nach gleicher Verformung größer ist als bei wechselseitigem Stauchen. Sobald also „Prüffluß" und „Reckfluß" nicht übereinstimmen[2]), ist die Verfestigung geringer als im Falle der Gleichrichtung.

[1]) Vgl. G. Sachs, Z. f. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 55.
[2]) W. v. Moellendorff und J. Czochralski, Z. Bd. 57 (1913) S. 931.

Veränderung des Gefüges.

Die Gefügeänderungen bei gewöhnlicher Verformungsvorgängen, wie Streckung der Körner, Auftreten von Gleitlinien usw., sind häufig beschrieben worden. Hier seien daher lediglich die Veränderungen in der Reflexion gegossener Proben durch starkes wechselseitiges Kaltschmieden beschrieben. Abb. 3 zeigt einen mit Flußsäure und Salzsäure[3]) scharf geätzten Würfel aus einem Gußstück. Die unterschiedliche Reflexion jedes einzelnen Korns, die bei Betrachtung im einzelnen auch gewisse Farbtönungen erkennen läßt, macht sich im Bild durch ihre verschiedene Helligkeit bemerkbar[3]). Jedes Korn erscheint in einer ihm eigentümlichen Blickrichtung besonders hell: Höchstwert der Reflexion.

Durch starkes wechselseitiges Schmieden werden, wie aus Abb. 4 und 5 hervorgeht, die Reflexionsunterschiede zwischen den einzelnen Körnern verwischt. Dies beruht einerseits darauf, daß die Reflexion jedes einzelnen Korns nicht wie im gegossenen oder geglühten Zustand einheitlich, sondern, wie besonders Abb. 4 zeigt, mehr zerstreut ist. Das bedeutet aber, daß die Richtung innerhalb jedes Kornes nicht mehr gleichmäßig ist, sondern innerhalb gewisser Grenzen schwankt. Anderseits läßt besonders Abb. 5 erkennen, daß ein großer Teil der Körner nahezu gleich hell, der andere Teil der Körner nahezu gleich dunkel erscheint. Die Verschiedenheit, Anisotropie, des Reflexionsvermögens ist also keineswegs aufgehoben; jedoch sind die Richtungen der Reflexionshöchstwerte lange nicht mehr so scharf unterschieden wie im unbeanspruchten Zustande. Diese Gleichrichtung wurde durch Röntgenuntersuchungen sichergestellt. Abb. 5 zeigt auch, daß die Körner ihre Gestalt durch das Schmieden nicht wesentlich ändern. Durch scharfes Ätzen graben sich die Korngrenzen als tiefe Furchen ein und decken die geringen Unterschiede in der Reflexion der einzelnen Körner auf.

Grundlagen für die Auswertung der Röntgenbilder.

Die Röntgenuntersuchung erfolgte zu Orientierungszwecken mittels kontinuierlichen oder „weißen Röntgenlichtes" (Laue-Aufnahmen), das kräftig genug war, um durch die unzerschnittenen Probekörper durchzudringen. Für die Auswertung wurden Debye-Scherrer-Aufnahmen vorgenommen, bei denen jedoch in der verwendeten Strahlung außer „monochromatischem" Röntgenlicht bestimmter Wellenlänge (K_α und K_β von Molybdän) auch kontinuierliches Röntgenlicht in erheblicher Menge auftrat[4]). Abb. 18 S. (1561) zeigt eine solche Aufnahme durch ein 1 mm dickes, aus der Mitte eines Druckkörpers entnommenes Blättchen in Richtung senkrecht zur Druckachse. Die Auswertung einer solchen Aufnahme beruht auf den allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der Interferenz von Röntgenstrahlen an Kristallgittern. In Abb. 6 sei der Durchstrahlungsgegenstand im Mittelpunkt *M* einer Kugel, Polkugel, gedacht. Der Primärstrahl *P. Str.* fällt von vorn senkrecht zur photographischen Platte ein, Einstichpunkt *O*. *MN* sei das Lot auf einer reflektierenden Gitterebene, Netzebenennormale, im Augenblick der Reflexion; der reflektierte Strahl *MP* trifft die photographische Platte in *R*, Interferenzpunkt. Wir beziehen die Interferenzpunkte auf ein System von Polarkoordinaten ϱ

[3]) J. Czochralski, Moderne Metallkunde. Julius Springer, Berlin 1924.
[4]) Als Strahlenquelle wurde für die Laue-Aufnahmen eine Lilienfeld-Röntgenröhre mit Platin-Iridium-Antikathode, für die monochromatischen Aufnahmen eine ebensolche Röhre mit Molybdänantikathode verwendet. Zum Betriebe diente eine Radio Silex-Apparatur von Koch & Sterzel, Dresden, 6 kV bei 500 Per./s, Röhrenstrom bei 80 kV eff. 8 mA für die Platinröhre, Belichtungsdauer: 15 bis 30 min — 70 kV eff. für die Molybdänröhre, Belichtungszeit 1 h bei 1 bis 2 mm Dicke der Aluminiumprobe).

Abb. 6. Entstehung von Röntgeninterferenzen auf einer photographischen Platte durch Reflexion von Röntgenstrahlung bestimmter Wellenlänge an einer Kristallfläche.

P. Str. = Röntgenstrahl (Primärstrahl)
M = Einstichpunkt des Primärstrahls auf der Kristallfläche und Mittelpunkt der Lagenkugel
O = Einstichpunkt des unabgelenkten Röntgenstrahls auf der photographischen Platte
MN = Lot auf der Kristallfläche
MP = von der Kristallfläche reflektierter Strahl
R = Interferenzpunkt auf der Platte

und $\sphericalangle\, \varepsilon$ mit dem Nullpunkt O, so daß $\varrho = \overrightarrow{OR}$ der Abstand, Radiusvektor, des Interferenzpunktes R vom Nullpunkt, ε der $\sphericalangle\, ROz'$ des Radiusvektors OR mit der Senkrechten z' in der photographischen Platte ist. Nach den Reflexionsgesetzen ist in Abb. 6 $\sphericalangle\, SMN = \sphericalangle\, NMP = 90° - \alpha$, $\sphericalangle\, PMO = 2\,\alpha$, wenn wie gewöhnlich als Glanzwinkel α das Komplement des Reflexionswinkels definiert wird. Ist a der Abstand MO der photographischen Platte von dem Präparat, so ist demnach der Betrag des Radiusvektors $\overrightarrow{OR} = \varrho = a \operatorname{tg} 2\,\alpha$. Durch Messung von ϱ bzw. α und $\sphericalangle\, \varepsilon$ ist ein Interferenzpunkt völlig festgelegt und somit auch die Richtung der Normale $\overrightarrow{MN}$ im Augenblick der Reflexion. Umgekehrt lassen sich α und ε aus den Indizes der reflektierenden Netzebenen berechnen. Dazu dient:

1. Die Braggsche Reflexionsformel: $\lambda = 2\,d \sin \alpha$, die den Glanzwinkel α

Abb. 7. Herleitung der (Millerschen) Fächenindizes.

Abb. 8. Herleitung der Richtungsindizes (Zonensymbole).

mit dem Netzebenenabstand d und der Wellenlänge λ in Beziehung bringt, wobei d_{hkl}[1]) im Falle des kubischen Gitters nach der Formel $d_{hkl} = a_0/\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$ mit a_0 als Gitterkonstante berechnet wird.

2. der $\sphericalangle\, \delta = \sphericalangle\, NMF$, den die Netzebenennormale NM mit der Senkrechten $f = [uvw]$ einschließt. Der $\sphericalangle\, \delta$ zwischen einer kristallographischen Richtung $[uvw]$ und einer Kristallfläche (hkl) berechnet sich nach einer bekannten kristallographischen Formel aus: $\cos \delta = (h\,u + k\,v + l\,w)\,\frac{d_{hkl}}{T_{uvw}}$, wobei T_{uvw} die Identitätsperiode in Richtung der Faserachse $[uvw]$ ist. Im kubischen System findet man T_{uvw} aus der Beziehung $T_{uvw} = a_0\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$. Aus dem sphärischen Dreieck SNF folgt die Beziehung $\cos \delta = \cos \alpha \cos \varepsilon$ oder $\cos \varepsilon = \cos \delta / \cos \alpha$, die den $\sphericalangle\, \varepsilon$ ergibt.

[1]) Für die mit kristallographischen Verhältnissen nicht genügend vertrauten Leser sei folgendes bemerkt: Es bedeuten (hkl) die Indizes für eine kristallographische Fläche bzw. für die entsprechende Parallelschar von Netzebenen im Gitter mit dem kleinsten Abstand d_{hkl}, bezogen auf die kristallographischen Achsen a, b, c. Die Indizes stellen nach Abb. 7 die reziproken Achsschnitte der Netzebenen dar, z. B. (111) die Indizes einer Ebene mit den Achsenschnitten $1a$, $1b$, $1c$; (222) die Indizes einer Ebene mit den Schnitten $\frac{1}{2}a$, $\frac{1}{2}b$, $\frac{1}{2}c$, (324) die Indizes einer Ebene mit den Schnitten $\frac{1}{3}a$, $\frac{1}{2}b$, $\frac{1}{4}c$ usw. (Im kubischen System ist $a = b = c$.) Weiter ist zu beachten, daß die kristallographischen Achsen a, b, c gerichtete Größen sind. Sind a', b', c' die Gegenrichtungen von a, b, c, so werden die betreffenden Achsenschnitte und Indizes negativ gerechnet und mit einem Strich über dem zugehörigen Index versehen. So schneidet die Ebene mit dem Index $(\bar{1}\bar{1}2)$ die Achsen a', b', c in 1, 1, ½ usw. Entsprechend der Symmetrie des Kristallsystems und der Kristallklasse faßt man die Flächen zu Flächenkomplexen $\{hkl\}$ zusammen. Im kubischen System gehören zum Würfel $\{100\}$ die 6 Flächen (100), (010), (001), $(\bar{1}00)$, $(0\bar{1}0)$, $(00\bar{1})$; zum Rhombendodekaeder $\{110\}$ die zwölf Flächen (110), $(\bar{1}10)$, $(\bar{1}\bar{1}0)$, $(1\bar{1}0)$, (101), $(10\bar{1})$, $(\bar{1}01)$, $(\bar{1}0\bar{1})$, (011), $(0\bar{1}1)$, $(01\bar{1})$, $(0\bar{1}\bar{1})$ usw. Unter Symbol $[uvw]$ einer Gittergeraden (kristallographischen Zonenachse) versteht man, wie in Abb. 8 für einige Gittergeraden angedeutet ist, das Verhältnis $u:v:w$ der Koordinaten eines Gitterpunktes auf der Geraden, gemessen mit den Maßstäben a, b, c der kristallographischen Achsen. Die Indizes (hkl) sind nach dem kristallographischen Grundgesetz stets ganze Zahlen, ebenso die Indizes $[uvw]$. Man nennt den kleinsten Abstand identischer Punkte auf einer Gittergeraden die Identitätsperiode (T_{uvw}) der Gittergeraden.

Abb. 12. Lage der Durchleuchtungsrichtungen (SO) zum Probewürfel aus einem gestauchten Probekörper.

Abb. 9. Grobkörnige Probe.

Abb. 10. Mittelkörnige Probe.

Abb. 11. Feinkörnige Probe.

Abb. 9 bis **11.** Laue-Aufnahmen gestauchter Probekörper von Aluminium verschiedener Korngröße bei Durchstrahlung parallel zur Druckrichtung.
Bei grobem Korn sind die Interferenzen ungleichmäßig verteilt und stark verzerrt, bei feinem Korn entsteht ein gleichmäßiger Schwärzungsring.

Verformungsstruktur beim gewöhnlichen Stauchversuch.

Abb. 9 bis 11 zeigen die Laue-Bilder von einseitig gestauchten Aluminiumprismen bei Durchstrahlung in der Druckrichtung, und zwar Abb. 9 mit grobem, Abb. 10 mit mittlerem und Abb. 11 mit feinem Korn. Abb. 13 läßt das Ätzgefüge eines grobkörnigen und Abb. 14 eines feinkörnigen Probekörpers in gestauchtem Zustand in natürlicher Größe erkennen[1]). Die Laue-Aufnahmen der gedrückten Probekörper zeigen eine starke Abhängigkeit von der Korngröße. Bei sehr feinem Korn, wie in Abb. 11, tritt ein praktisch gleichmäßiger Schwärzungshof[2]) um den Einstichpunkt des durchgehenden Röntgenstrahles, Primärstrahles, auf. Nur in diesem Falle werden nämlich genügend viele Kriställchen vom Primärstrahlenbündel getroffen, so daß wirklich eine statistische Verteilung vorliegt. In den Proben mit gröberem Korn wie in Abb. 9 und 10 trifft der Primärstrahl dagegen nur vereinzelte Kristalle in unregelmäßiger Lage, deren durch die Verformung verzerrte Netzebenen zur Entstehung radialer Streifen, Asterismus, führen. Die bei genügend feinem Korn gefundene gleichmäßige ringförmige Schwärzungsverteilung um den Primärfleck beweist, daß die Kriställchen entweder völlig unregelmäßig gerichtet sind, oder daß eine Anordnung vorliegt, bei der alle Richtungen auf einem Kegelmantel um die Druckachse gleichberechtigt sind. Letztere Anordnung entspricht dem Spannungszustand beim Druckversuch.

Gegen die Annahme der völligen Unordnung der Gitterlagen in der gedrückten Probe sprechen mit aller Sicherheit die Aufnahmen in Abb. 15 bis 17, die senkrecht zur Druckrichtung hergestellt sind[3]). Die Lage der Durchleuchtungsrichtungen zum Probewürfel geht aus Abb. 12 hervor. Im Falle gänzlich unregelmäßiger Orientierung müßte wieder der gleichmäßige Schwärzungsring um die Durchstrahlungsrichtung auftreten. Dies ist aber nicht der Fall; vielmehr zeigt sich in jeder Durchstrahlungsrichtung senkrecht zur Druckrichtung die gleiche charakteristische Verteilung der Interferenzstreifen, die auf eine Bevorzugung gewisser Kristallagen hinweist. Das gleichartige Aussehen der Aufnahmen in verschiedenen Richtungen senkrecht zur Druckrichtung bestätigt, daß die Verteilung um die Druckachse tatsächlich gleichmäßig ist.

Abb. 14. Aetzgefüge eines gestauchten feinkörnigen Probekörpers. Stauchgrad 81 vH.

Wir kommen somit aus der Vereinigung der Aufnahmen parallel und senkrecht zur Druckrichtung zu dem Ergebnis, daß durch das Stauchen die Kristallteile der Aluminiumprobe sich so gerichtet haben, daß sie unter einem bestimmten Winkel zur Druckachse geneigt sind, daß also eine sogenannte Faserstruktur[4]) mit der Druckrichtung als Faserachse vorliegt. Zur näheren Bestimmung der kristallographischen Orientierung der Faserachse wurde das in Abb. 18 wiedergegebene Debye-Scherrer-Diagramm ausgewertet, mit dem Ergebnis, daß die reflektierenden Gitterbereiche mit der kristallographischen Richtung [110], der Würfelflächendiagonale, parallel zur Druckrichtung liegen, wie Abb. 19 schematisch wiedergibt. Abb. 20 zeigt die bei einer idealen Faserstruktur dieser Art zu erwartenden Interferenzen, die mit denen von Abb. 18 gut übereinstimmen.

Die Kreise in den Debye-Scherrer-Aufnahmen, wie z. B. in Abb. 18, entstehen dadurch, daß eine bestimmte kristallographische Flächenschar mit ihrem Netzebenenabstand d mit dem Röntgenstrahl von der Wellenlänge λ nur dann einen Interferenzpunkt gibt, wenn sie mit dem Röntgenstrahl den Glanzwinkel α einschließt, der durch die Braggsche Beziehung $\lambda = 2\,d \sin \alpha$ bestimmt ist. Sind praktisch wie in einem ungeordneten Kristallhaufwerk Kristalle in allen Lagen und damit auch Kristallflächen unter jedem

[1]) Aus dem Körper von Abb. 13 wurden kleine Würfel von 6,5 mm Kantenlänge für die Bestimmung der einfachen Druckstruktur und nach Ausglühen bei 550 °C (½ h) für die Versuche zur Bestimmung der wechselseitigen Druckstruktur entnommen. Die Lage der Durchstrahlungsrichtungen ist in Abb. 12 eingezeichnet.

[2]) Bei schärferem Zusehen erkennt man in Abb. 11 ein besonders dunkles Kreuz. Dieses rührt davon her, daß die betreffende (zylindrische) Probe einem warmgewalzten Vierkantstab entnommen war, der eine besondere Verformungsstruktur hatte. Trotz des Glühens bei 500 °C (½ h) und des weitgehenden Stauchens sind also noch Spuren dieser Anordnung zurückgeblieben. Bei näherem Zusehen erkennt man im Original, daß sich der Schwärzungshof aus lauter feinen radial gerichteten Strichelchen zusammensetzt. Diese stellen die Verzerrungen der Interferenzpünktchen der feinen Kriställchen dar, genau so wie die ausgeprägten Asterismusstreifen von Abb. 9 und 10 die Verzerrungen der Interferenzflecken der großen Kristalle. Man kann so mittels des Röntgenverfahrens erkennen, ob ein Kristallhaufwerk eine bleibende Verformung erlitten hat. Der helle ringförmige Ausschnitt in den Abbildungen entsteht durch die Abblendung des Primärstrahls mittels eines Bleiplättchens, das die infolge der starken Intensität des Primärstrahls auftretende starke Schwärzung in der Mitte verhindern sollte.

[3]) Zu diesem Zwecke wurde aus der Mitte der gedrückten Platte ein kleiner Würfel von 6,5 mm Kantenlänge herausgeschnitten, dessen eine Würfelachse mit der Druckrichtung parallel war. Die Durchleuchtung geschah senkrecht zu den beiden anderen Würfelflächen sowie unter 45 ° zu deren abstumpfende Fläche

[4]) Die durch plastische Verformung hervorgerufene Gleichrichtung von Kristallteilen in Kristallhaufwerken ist in den letzten Jahren von zahlreichen Forschern des In- und Auslandes eingehend untersucht worden. Die Grundlagen sind besonders von M. Polanyi und seinen Mitarbeitern ausgearbeitet worden. Bisher ist als Faserstruktur die Struktur gezogener Drähte, ferner die Walzstruktur gewalzter Bleche untersucht worden, s. M. Ettisch, M. Polanyi und K. Weißenberg, Z. f. phys. Chem. Bd. 99 (1921) S. 332, und R. Glocker, Z. f. Physik Bd. 31 (1925) S. 386. Während der Fertigstellung der Handschrift ist uns eine Arbeit von A. Ono, Mem. College Eng. Kyushu Imp. Univ. Fukuoka, Japan, Bd. 3 (1925) S. 195, bekannt geworden, in der ebenfalls die Druckstruktur von Aluminium bestimmt wurde. Unsere Ergebnisse decken sich mit denen von Ono.

Abb. 13. Ätzgefüge eines gestauchten grobkörnigen Probekörpers. Stauchgrad 52,5 vH.

Abb. 15. Aufnahme senkrecht zu einer Würfelfläche.

Abb. 16. Aufnahme unter 45 ° zu einer Würfelfläche.

Abb. 17. Aufnahme senkrecht zur Würfelfläche aus Abb. 15.

Abb. 15 bis 17. Laue-Aufnahmen eines aus einem gedrückten Aluminiumkörper herausgeschnittenen Würfels bei Durchstrahlung senkrecht zur Druckrichtung (Stauchgrad 81 vH), vergl. Abb. 12. Die drei Aufnahmen zeigen die gleiche Verteilung der Röntgeninterferenzen. Die unter 45 ° zur Würfelfläche gewonnene Aufnahme ist schwächer als die beiden andern Aufnahmen, da der Probekörper in größerer Dicke durchleuchtet ist.

Abb. 18. Debye-Scherrer-Aufnahme einer gestauchten Aluminiumprobe senkrecht zur Druckrichtung. (Stauchgrad 81 vH).
Die mit Zahlen versehenen Stellen stärkster Schwärzung stimmen mit den für [110] als Faserachse konstruierten Interferenzpunkten in Abb. 20 überein.

K_α = Kreise ausgezogen
K_β = Kreise gestrichelt
R = Abstand der Platte vom Objekt.

Abb. 20. Theoretische Interferenzen für Aluminium mit [110] als Faserachse und Molybdänstrahlung.

Abb. 19. Lage des Gitterwürfels in einem gestauchten Probekörper aus Aluminium.
Die durch den Pfeil gekennzeichnete Würfelflächendiagonale steht bei allen Gitterwürfeln parallel zur Druckrichtung.

Winkel zu irgendwelchen Geraden und damit auch zum Röntgenstrahl vorhanden, so gibt jede Kristallflächenschar (für jede bestimmte Wellenlänge) einen geschlossenen Debye-Scherrer-Kreis. Bei Faserstrukturen sind jedoch nur Kristallteile unter einem bestimmten Winkel zur Faserachse vorhanden, die daher im allgemeinen nur in wenigen Lagen zu Interferenzpunkten führen. Die Debye-Scherrer-Kreise von Kristallhaufwerken mit bevorzugten Anordnungen der Kristallteile sind daher in einzelne Flecken zusammengezogen.

Zur quantitativen Bestimmung der statistischen Anisotropie eines Kristallhaufwerks aus Röntgenaufnahmen ist ein schematisches Verfahren ganz allgemein von Weißenberg angegeben worden. Unter Benutzung der allgemeinen Richtlinien haben wir hier die Auswertung im einzelnen verschiedentlich abgeändert, wie im folgenden angegeben.

Die Auswertung erfolgt in der Weise, daß man für die einfachsten kristallographischen Richtungen zunächst ihre Winkel mit den verschiedenen Kristallflächen bestimmt, für diese Richtungen als Faserachsen die zu erwartenden Interferenzen berechnet und zweckmäßig, wie in Abb. 20, graphisch aufträgt. Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, daß Faserachsen stets einfache kristallographische Achsen sind, was sich auch hier bestätigt. Ein Vergleich der Debye-Scherrer-Aufnahme mit den konstruierten Faserdiagrammen läßt dann leicht eine etwa vorhandene Übereinstimmung erkennen.

Von Interesse erscheint der Vergleich der Druckstruktur mit der sich beim Ziehen von Drähten einstellenden Ziehstruktur. Nach unseren Versuchen tritt im gezogenen Aluminiumdraht eine Faserstruktur mit [111], der Würfeldiagonale, als Faserachse[1]) auf. Beim Druck fließen die Teilchen senkrecht zur Druckachse, wobei wir unter Fließen die größte Längung der Materialteilchen verstehen. Da nun aus dem Ziehversuch sich [111] als Richtung der größten Längung ergibt, steht dieser Befund mit dem Druckversuch in Übereinstimmung, insofern als die Richtung [111] auf [110] senkrecht steht[2]). [B 814]

(Schluß folgt.)

[1]) Die von M. Ettisch, M. Polanyi und K. Weißenberg, Z. f. Phys. Bd. 7 (1921) S. 181, Z. f. phys. Chem. Bd. 99 (1921) S. 332, sowie von A. Ono (a. a. O.) angegebene zweite Gitterlage mit [100] als Faserrichtung haben wir nicht festgestellt.
[2]) Vergl. G. Sachs u. E. Schiebold, Naturw. Bd. 13 (1925).

Die Verhüttung von kleinstückigen Koks.

Die günstigen Erfahrungen der Amerikaner mit kleinstückigen Koks lassen dort Bestrebungen auftreten, Koks von mehr als 100 mm Korngröße überhaupt nicht in den Hochofen zu geben. Durch den Koksmangel, der mit Beginn des Ruhrkampfes eintrat, gezwungen, wurden auch auf deutschen Hütten Versuche[1]) mit Koks in kleinen Körnungen vorgenommen, wobei sich herausstellte, daß bei fast allen Kokssorten mit kleinerer Körnung auch das Verbrennungsverhältnis $CO : CO_2$ kleiner, also die Brennstoffausnutzung im Hochofen günstiger wird. Dementsprechend steigt bei der Verhüttung von kleinstückigen Koks der Siliziumgehalt im Roheisen. Das günstigere Verbrennungsverhältnis hängt mit der erhöhten Verbrennlichkeit der Koks geringerer Korngröße wegen der vorhandenen größeren Oberfläche der Gesamtkoksmasse zusammen. Die Versuche auf verschiedenen großen Hochofenwerken ergaben bei der Verwendung von kleinstückigen Koks, wobei sich als günstigste Stückgröße etwa Faustgröße, also Stücke von etwa 90 bis 100 mm Kantenlänge, erwies, eine Kohlenersparnis von 10 bis 100 kg/t Roheisen. Erste Voraussetzung der Verhüttung kleinstückiger Koks im Hochofen ist genügende Festigkeit gegen Sturz-, Hitze- und Abriebwirkungen.

Da auf die Gewinnung von kleinstückigen Koks aus schmalkammerigen Öfen in Deutschland nur etwa 10 bis 15 vH der gesamten Kokserzeugung entfallen, empfiehlt sich bei den guten Erfahrungen der verschiedenen Hochofen- und Hüttenwerke ein Brechen der grobstückigen Hochofenkoks auf etwa Faustgröße. Der Abrieb beim Brechen einschließlich des Kokskleines an der Ofengruppe, der von einem Hochofenwerk mit insgesamt nur 4 vH angegeben wird, ist wenig zu fürchten, da er für die Kesselfeuerung oder auch zur Erzbrikettierung nutzbar gemacht werden kann. Von besonderer Wichtigkeit für den Hochöfner ist die Begrenzung der Kokskörnung nach unten. Maßgebend für den Grad der Absiebung muß letzten Endes immer die Wirtschaftlichkeit sein. Für amerikanische Hochofenbetriebe ergibt sich eine Absiebung bei ungefähr 20 mm, was auch den deutschen Verhältnissen entsprechen dürfte. [N 705]

Berlin-Charlottenburg. Prockat.

[1]) „Glückauf" Bd. 23 (1925), Seite 700 u. f.

Die Kohlen- und Schuttförderanlage der Maschinenfabrik A. Borsig G. m. b. H. in Tegel.

Von Dipl.-Ing. A. Illemann, Berlin-Tegel.

Anlage und Wirtschaftlichkeit von Förderanlagen in Maschinenfabriken. Beschreibung der Fördereinrichtungen des Borsigwerkes in Tegel. Entladestellen, Lagerplätze und Verbrauchstellen liegen getrennt, daher Vereinigung verschiedenartiger Fördermittel wie Verladebrücken, Greiferkrane, Wagenkipper. Elektrohängebahn. Erreichte Leistungen und Ersparnisse.

Abb. 2. Ansicht der Kohlen- und Schuttförderanlage von der Landseite.

Allgemeine Gesichtspunkte.

Der Bau praktischer und wirtschaftlich arbeitender Förderanlagen bildet heute für jedes Industrieunternehmen eine Frage von hervorragender Bedeutung. Der Lösung solcher Förderfragen stellen sich oft erhebliche Schwierigkeiten entgegen. Die Entladeorte, Lagerplätze und Verbrauchstellen liegen meist räumlich getrennt, wodurch auf Kosten der Einheitlichkeit eine aus den verschiedensten Fördermitteln zusammengesetzte Anlage entsteht. Auch muß zugegeben werden, daß bisher in einer Maschinenfabrik, bei der die Förderfrage nicht Selbstzweck, sondern lediglich eine Begleiterscheinung der Erzeugung ist, leider dieser Frage nicht die genügende Beachtung geschenkt wurde, und zwar mußte sie oft auch deshalb als minder wichtig behandelt werden, weil mit Rücksicht auf den produktiven Betrieb nicht die zur Errichtung einer vollkommenen Anlage erforderlichen Mittel zur Verfügung gestellt werden konnten.

Aus diesem Grunde findet man heute noch viele Werke, die infolge wenig leistungsfähiger Hilfsmittel beim Fördern und Verladen von Rohstoffen, Halb- und Fertigfabrikaten bei den heutigen hohen Löhnen unwirtschaftlich arbeiten. Besonders die Förderung von Kohle aus eingehenden Eisenbahnzügen oder Schiffsladungen zu den Lagerplätzen und

Abb. 1. Förderanlage von A. Borsig, Tegel, Schema des Grundrisses.

von diesen zu den Verbrauchstellen innerhalb einer Fabrikanlage ist ein Umstand, der in der Wirtschaftlichkeit eines Werkes eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt. Von der Errichtung solcher Anlagen sollte man sich durch die zur Zeit selbstverständlich erheblichen Anlagekosten nicht abschrecken lassen. Immerhin wird dieser Frage auch heute von den Maschinenfabriken mehr Aufmerksamkeit geschenkt, damit Brenn- und Rohstoffe rasch, sicher und unter möglichster Ersparung von Arbeitskräften dem Lager und den Verbrauchstellen zugeführt werden können. Eine Anlage, die auf Grund vorstehender Bedingungen als der Neuzeit entsprechend angesehen werden kann, soll hierunter beschrieben werden.

Abb. 3. Ansicht des Tiefbunkers und Kohlenplatzes von der Spandauer Straße (Seeseite) aus.

Anlage des Werkes.

Das Tegeler Werk der Firma A. Borsig liegt auf einem ausgedehnten Gelände, das mit seiner Rückseite an den Tegeler See stößt. Von hier aus erstreckt sich das Werk rd. 0,8 km nach Osten bis zur Berliner Straße. Dieses Werkgrundstück wird durch zwei öffentliche Straßen, nämlich die Spandauer und die Schöneberger Straße in drei Teile geschnitten. Zunächst dem See liegt der von der Spandauer Straße seitlich begrenzte Schiffsanlegeplatz mit einem verhältnismäßig kurzen Kai (110 m) in einer Breite von nur 35 m. Jenseits der genannten Straße schließt sich ein größerer Geländeteil an, der bis zur Schöneberger Straße reicht, vorwiegend als Lagerplatz benutzt wird und u. a. auch das ausgedehnte Kohlenlager für die auf dem Wasserweg und mit der Eisenbahn eingehenden Kesselkohlen, Stück- und Schmiedekohlen, Koks und Briketts aufnimmt. Das zwischen Schöneberger Straße und Berliner Straße gelegene Gelände umfaßt den alten Teil der eigentlichen Fabrik und enthält die Hauptkohlenverbraucher, nämlich das Kraftwerk mit Kesselhaus, die Hammerschmiede, das Pressenhaus und die Gaserzeuger für Walzwerk und Härtöfen in unmittelbarem Anschluß an die Schöneberger Straße. Diese Umstände sind bei Beurteilung der gesamten Förderanlage zu beachten; denn sie bedingen unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Menge der zu lagernden Stoffe die teilweise durchgeführte räumliche Trennung der Entladestelle vom Lagerplatz.

Die Menge des täglich zu bewältigenden Fördergutes (225 t Kohle zum Werk, 45 t Schutt vom Werk zum See neben der Entladung von Kähnen und Eisenbahnwagen und Beförderung zum Lagerplatz) bedingt ein leistungsfähiges Verkehrsmittel, das eine zuverlässige Verbindung zwischen Kaianlage am See, Kohlenplatz und Kohlenverbrauchstellen schaffen, gleichzeitig die durch die ungünstige Lage der Hauptverbraucher im Hinterland und die Zerschneidung des Geländes durch die öffentlichen Straßen gegebenen Nachteile überwinden und die drei Werkteile zu einem einheitlichen Ganzen verbinden muß. Abb. 1 gibt einen übersichtlichen schematischen Grundriß der gesamten Anlage.

Die einzelnen Förderanlagen.

Aus vorstehendem ergibt sich von selbst eine Arbeitsteilung in der Weise, daß am Ufer Krane das Ausladen besorgen, während eine Elektrohängebahn der Beförderung zu den Lager- und Verbrauchstellen dient. Auf dem Lagerplatz selbst, Abb. 2 und 3, sind zwei Verteilbrücken, eine über dem Kohlenplatz und eine über einem Tiefbunker angeordnet, die zur Wiederaufnahme und Abgabe an die Hängebahn mit Greiferkranen und Überladebunkern ausgerüstet sind. Die Brücke über dem Tiefbunker hat außerdem noch eine Kipperkatze, mittels der die in Eisenbahnwagen ankommenden Kohlen entladen werden.

Abb. 4. Schnitt A—B zu Abb. 1, Schema der Kohlenförderanlage am Tegeler See.

Abb. 5. Kaianlage am Tegeler See mit Schuttbunkern.

Abb. 6. Schnitt C-D zu Abb. 1, Schema der Elektrohängebahn für das Gaserzeugergebäude.

Die Förderanlage hat fünf Arbeitsvorgänge auszuführen:

1. Förderung von Kohlen oder Gießerei- und Baustoffen vom Schiff zum Lager,
2. Förderung von Kohlen von der Eisenbahn zum Lager,
3. Förderung von Kohlen vom Lager nach den Verbrauchstellen,
4. Förderung von Kohlen von einem Überladebunker am Kesselhaus nach den Bunkern der Gaserzeuger,
5. Förderung des im Werk entfallenden Gießerei- und Kehrichtschuttes nach den Bunkern am See oder einem Bunker für Eisenbahnverladung.

Die Förderungen 1 und 2 können auch unmittelbar nach den Verbrauchstellen erfolgen, ebenso kann, wenn es durch irgendwelche Umstände, z. B. bei Eingang der Kohlen nur in Eisenbahnwagen, erforderlich wird, vom Tiefbunker zum Kohlenplatz gefördert werden und umgekehrt.

All diesen vielseitigen Anforderungen wird die im Kreisbetrieb arbeitende Elektrohängebahn gerecht, deren Verkehr sich in 12 m Höhe vollkommen über dem Fabrikgelände abspielt. Auf festen Hängebahn-Profilschienen verkehren einzeln und durch besondere Motoren unabhängig voneinander betriebene Elektro-Hängebahnwagen, deren jeder einen Kippkübel von 1,25 m³ Inhalt für die Förderung von 1 t Kohle trägt.

Schiffsentladung.

Die eng begrenzte Kaianlage wird an ihrer ganzen Längsseite von einer fahrbaren Halbportalbrücke und in ihrer nördlichen Hälfte von einem Vollportalkran bestrichen. Sowohl die Halbportalbrücke, wie das Vollportal tragen Greiferdrehkrane mit 4000 kg Tragfähigkeit bei einer Nutzlast von 1800 kg Kohle. Während der Vollportalkran eigentlich nur zum Ausladen von Kohlen dient, wird die Halbportalbrücke in der Hauptsache zum Entladen von Gießerei- und Baustoffen, wie Lehm, Sand, Backsteinen usw. verwendet, deren Lagerplatz sich hier unmittelbar am See befindet und von der Halbportalbrücke in 32 m Spannweite überspannt wird, Abb. 4. Beide Hebezeuge dienen einander als vollwertige Aushilfe, können jedoch auch gleichzeitig arbeiten.

Unterhalb der Halbportalbrücke zieht sich die Elektrohängebahn hin, deren Doppelgleis, sich zu einer Schleife erweiternd, einen Kohlen-Überladebunker umläuft. Von dieser Endumlaufstelle biegt winklig ein Abzweig der Elektrohängebahn ab, der den aus der Fabrik kommenden Gießereiund Kehrichtschutt, Schlacken usw. zwecks Schiffsverladung in eine am See liegende Bunkeranlage mit einem Fassungsvermögen von 300 m³ fördert, Abb. 5.

Die Ladung wird aus den Kohlenkähnen in der Weise gelöscht, daß die Greiferkrane die Kohle zunächst in den bereits erwähnten Überladebunker entladen, aus dem dann die Wagen der Hängebahn beladen werden. Die im Blockabstand leer heranlaufenden Wagen werden hierbei nacheinander von einem Arbeiter auf der Bedienungsplattform durch Ausschalten eines Zugschalters unter dem Bunkerauslauf angehalten, und durch entsprechende Betätigung des Verschlusses werden die Kohlen aus dem Bunker abgezogen. Durch Einschalten des Zugschalters läuft der beladene Wagen weiter, und der nächste durch Verriegelung bis jetzt zurückgehaltene rückt selbsttätig vor den Bunkerverschluß. Der volle Wagen durchläuft nun die Bahn mit einer mittleren Geschwindigkeit von 60 m/min, überquert über einer Schutzbrücke die Spandauer Straße und lenkt in die linke Abzweigung der sich in langer Schleife längs des Kohlenlagers hinziehenden Hängebahn ein.

An diesen linken Strang schließt sich über dem Kohlenlagerplatz, auf dem in der Hauptsache die zu Wasser ankommenden und nicht sofort gebrauchten Vorratskohlen gestapelt werden, eine Verteilbrücke von 40 m Stützbreite und 130 m Fahrbahnlänge an.

Zur Entnahme der Kohlen vom Lagerplatz läuft auf der Obergurtung der Brücke ein Greiferdrehkran für 4000 kg Tragfähigkeit, der die Kohlen in einen in die Brücke eingebauten Überladebunker verlädt, aus dem sie in gleicher Weise, wie weiter oben beschrieben, in die Elektro-Hängebahnwagen abgezogen werden.

Werden die Weichen der Verteilbrücke nicht eingelegt, so laufen die Wagen unmittelbar zum Werk an die Verbrauchstellen.

Die Elektrohängebahn fährt über die Bunker der Kesselanlage hinweg und entleert ihren Inhalt während der Fahrt in diese mittels einer fahrbaren Ausrückvorrichtung an beliebiger Stelle. In der Kurve vor dem Gaserzeugergebäude ist nochmals ein Überladebunker für die Gaserzeugerkohlen eingebaut, in den die Hängebahnwagen während der Fahrt entleeren. Ferner befindet sich auf der Rückfahrt eine Pendelstrecke zur Beschickung des Bunkers der Hammerschmiede und am Schornstein ein Bunker für die Pressenhalle.

Die schematische Darstellung, Abb. 6, zeigt, daß die Gaserzeugerhalle mit einer besonderen im Pendelverkehr arbeitenden Elektrohängebahn ausgerüstet ist. Es war leider nicht möglich, die Hängebahn infolge der bestehenden Gebäudeverhältnisse so zu verlegen, daß der Höhenunterschied zwischen Kesselhaus und Gaserzeugerbunkern überwunden werden konnte. Man schaltete daher den Überladebunker dazwischen, der für den Gaserzeugerbetrieb mit 10 t Tagesverbrauch eine vollwertige Reserve bot. Durch das elektrische Windwerk der Pendelbahn wird der mit Bodenentleerung versehene Kübel vor dem Auslauf des Aushilfsfüllrumpfes der Hauptbahn gesenkt. Durch Öffnen des Verschlusses wird der Kübel gefüllt, geht durch Einschalten der Steuerung wieder nach oben und fährt zu der Entladestelle, wo sich die Bodenklappen öffnen und der Inhalt in den Gaserzeugerbunker entleert wird. Hierauf kehrt der Wagen selbsttätig zur Beladestelle zurück, und das Spiel beginnt von neuem.

Eisenbahnwagenentleerung.

Beim Entwurf der Anlage mußten selbstverständlich auch Einrichtungen geschaffen werden, die das Ausladen der mit der Eisenbahn eingehenden Kohlen auf billigstem Wege

ermöglichten, zumal in der Nachkriegszeit Eisenbahn- und Wasserfrachtsätze in ihrer Vorteilhaftigkeit wechselten, anderseits auch, wie weiter unten noch erwähnt werden wird, die technischen Einrichtungen des Werkes für Entladen von ganzen Eisenbahnzügen mit Kohle nicht ausreichten.

Diese Umstände führten zur Anlage eines Eisenbahnwagenkippers unter gleichzeitiger Erweiterung des Kohlenlagers auf der rechten Seite (vom See aus gesehen) der Anlage. Dieser Teil wurde als Tiefbunker ausgebildet, wodurch genügende Stapelhöhe für die Kohlen erreicht wurde, da die hier gewählte Kipperkatzenbrücke ein Aufstapeln nach oben wegen des Kippens der Eisenbahnwagen nicht zuläßt. Die Brücke hat 25 m Spannweite und ist auf 70 m Länge verfahrbar. Die Anlage dient in der Hauptsache zum Lagern der auf der Achse ankommenden Kohlen. Von zwei parallel zum Bunker laufenden Gleisen ist das eine für die ankommenden vollen, das andere für die abrollenden leeren Eisenbahnwagen bestimmt.

Abb. 7. Tiefbunker mit Kipperkatzenbrücke.

Die Katze der Kipperbrücke gleicht der im Laufkranbau üblichen Ausführung mit besonderen Motoren für jede Lastbewegung, wie Hub-, Katzenfahr- und Drehmotor. Die Bühne läßt sich durch ein Windwerk kippen. Der Arbeitsvorgang beim Kippen ist folgender: Zum Aufnehmen der Eisenbahnwagen wird die Plattform der Brücke auf die Schienen des Vollgleises gesetzt, und ein beladener Wagen mittels eines auf der Plattform angebrachten Spilles auf sie gezogen. Nach selbsttätiger Verriegelung auf der Plattform wird durch entsprechende Katzenfahr- und Drehbewegung der Wagen an die Entladestelle gebracht und hier durch Schrägstellen der Plattform gekippt, wobei sich sein Inhalt entleert. Der leere Wagen wird in entsprechender Weise zurückbefördert, die Plattform auf die Schiene des Leergleises gesetzt und der Wagen abgerollt. Darauf wird die Plattform wieder auf das Vollgleis gesetzt, und der Vorgang wiederholt sich, Abb. 7.

Auf der Obergurtung der Brücke läuft ebenfalls ein Greiferdrehkran (Tragfähigkeit 4000 kg, Nutzlast 1800 kg) zum Wiederaufnehmen der Kohlen und Befördern in einen an der Brücke angebauten Überladerumpf, aus dem die Hängebahnwagen zum Transport an die Verbrauchstellen beschickt werden. Die Wagen werden in gleicher Weise durch Anschlußweichen geführt, wie bei der Kohlenplatzbrücke. Auch hier ist eine besondere Blockierung vorhanden. Für das Verladen der Eisenbahnwagen können bei Betriebstörungen an der Kipperkatze auch die Greiferkrane der beiden Brücken dienen.

Schuttbeförderung.

Der gesamte Gießerei- und sonstige Werkschutt, der früher in umständlicher Weise durch Schmalspurwagen und Gespanne abgefahren wurde, wird heute durch die Hängebahn befördert. Hierzu ist die an der Schöneberger Straße nach Süden abzweigende und sich an die Gießerei anlehnende Schleife der Elektrohängebahn bestimmt. Die gesamten Schuttmassen aus Gießerei und Werkstätten werden, nachdem sie die an dieser Stelle errichtete Schuttscheideanlage von 10 t Stundenleistung zum Ausscheiden etwa vorhandenen Eisens durchlaufen haben, in eine durch einen Rost abgedeckte Grube geleitet; durch ein unterhalb der Grube laufendes Plattenband gelangen sie in einen Überladebunker und werden von diesem in die Hängebahnwagen abgezogen. Die Hängebahn bringt den Schutt in den bereits erwähnten vierteiligen Bunker am See, Abb. 5, zur Verladung in Kähne, oder aber in einen an geeigneter Stelle vorgesehenen Füllrumpf für Verladung in die Eisenbahnwagen. Diese Schuttbunker sind zum Beladen von Kähnen und Eisenbahnwagen mit Fallrutschen ausgerüstet, die mittels Seilwinden gehoben und gesenkt werden können. Zweckmäßig kann der Betrieb der gesamten Elektrohängebahn so geregelt werden, daß die Wagen, nachdem sie Kohlen zum Werk befördert haben, auf dem Rückwege die Schuttverladestelle berühren und Schutt nach den Bunkern mitnehmen.

Wirtschaftlichkeit der Anlage.

Der Hauptvorzug gegenüber der früheren Anlage besteht darin, daß der gesamte Brennstoff nur an einem Platze gelagert wird gegen zehn vorher. Der Kohlenplatz mit einem Stapelraum von 25 000 m³ und der Tiefbunker mit einem Fassungsvermögen von 10 000 m³, zusammen etwa einer Lagermenge von 42 500 t entsprechend, sind imstande, den Gesamtlagerbestand aufzunehmen.

Die Leistung der Elektrohängebahnanlage beträgt 50 t/h, während früher im Mittel 30 t/h gefördert werden konnten. Diese Leistung ist für die Gesamtleistung der Anlage bestimmend. Sie läßt sich noch entsprechend etwa zu stellenden größeren Anforderungen durch Einbau von Blockschaltern auf 80 t/h steigern. Die Uferkrane sind mit Greifern von 2 m³ Fassungsvermögen ausgerüstet, und ihre Geschwindigkeiten sind so gewählt, daß ein Kran etwa 50 t/h Kohlen fördern kann; ein Kahn von 450 t kann also in einer Zehnstundenschicht von einem Kran entladen werden, gegenüber zwei 12stündigen Schichten bei dem früheren Kabelkran. Die gleichen Kranleistungen sind bei den Drehkranen der beiden Brücken vorgesehen.

Das Kesselhaus kann in zwei Stunden für die Dauer von 24 h mit Kohlen versehen werden. Die Kohlen für die Gaserzeuger des Walzwerkes und für den Betrieb der Öfen der Hammerschmiede und des Pressenhauses werden in einer Stunde gefördert. Für die Schuttförderung sind täglich 4 h erforderlich, so daß in 7 h, d. h. in knapp einer Schicht, bequem das gesamte mit der Hängebahn zu bewältigende Fördergut befördert werden kann, während früher die Hängebahn zum mindesten in zwei Schichten je 6 bis 7 h allein für die Kohlenförderung in Betrieb war, und dementsprechend für diese zwei Schichten vier Mann Bedienungspersonal, von denen jetzt zwei wegfallen, gestellt werden mußten.

Bei den für die Kipperkatze gewählten Geschwindigkeiten wurde bei den Abnahmeversuchen für das Kippen eines Eisenbahnwagens eine Zeitdauer von 5 min, gerade die Hälfte der gewährleisteten Zeit, erreicht.

Zur Ersparnis von insgesamt 94 Lohnstunden gegenüber der alten Anlage kommt die Ersparnis an einer Schmalspurlokomotive mit Verschiebepersonal in Höhe von 450 *M* im Monat sowie an Schuttabfuhr durch Unternehmer, 260 Fuhren monatlich zu den heutigen Tagessätzen von 6 *M* für eine Fuhre, eine Summe von 1560 *M* im Monat, dazu die Löhne für Hilfsarbeiter. An Stand-

geldern für Eisenbahnwagen hat sich eine durchschnittliche Ersparnis von etwa 2700 ℳ im Monat ergeben, und weiter für Ent- und Beladen von Brennstoffen an den verschiedensten Plätzen der Fabrik eine Ersparnis von etwa 325 ℳ. Hinzu kommt ferner, daß unter Berücksichtigung des in Zeiträumen von etwa 3 bis 4 Jahren erforderlichen Auswechselns der Tragseile und des Verbrauches an Zugseilen usw. in der alten Kabelkrananlage die monatlichen Ausbesserungskosten etwa 600 ℳ betrugen, während die Ausbesserungskosten für die heutige Anlage einschließlich Beseitigung verschiedener Kinderkrankheiten sich auf etwa 200 ℳ im Monat belaufen haben.

Entladen wurden mit dieser Anlage im verflossenen Jahr an Kohlen 68 000 t, an Gießerei- und Baustoffen 4000 t, zu den Verbrauchstellen gefördert wurden mit der Anlage 65 000 t Kohlen und aus dem Werk abgefahren 10 000 t Schutt. Die Förderkosten belaufen sich auf 0,40 ℳ/t, während sie sich früher unter Berücksichtigung der gezahlten Standgelder auf rd. 1 ℳ/t stellten. Sie sind also heute um 60 vH niedriger.

Besonders zu erwähnen wäre auch noch, daß durch die einheitliche Wahl der Geschwindigkeiten bei den verschiedenen Drehkranen auch die Getriebe überall die gleichen sind, und somit mit einem Mindestmaß von auf Lager zu haltenden Auswechselteilen auszukommen ist.

Die Anlage ist seit 20. Februar 1924 voll in Betrieb. Entwurf und Bauleitung lagen in den Händen der Firma A. Borsig, während die Ausführung der Firma A. Bleichert & Co., Leipzig-Gohlis, und der Deutschen Maschinenfabrik A.-G., Duisburg, übertragen war. Die Erd- und Betonierarbeiten für den Tiefbunker, die Ufermauer usw. wurden von der Beton- und Monierbau-A.-G., Berlin, die umfangreiche Wasserhaltung von der Siemens-Bauunion ausgeführt. [B 637]

Betriebserfahrungen mit neuzeitlichen Holzbearbeitungsmaschinen
nebst Anhang über Holzpflege.

Von J. Gillrath, Betriebsingenieur bei G. Luther A.-G., Braunschweig.

(Schluß von S. 1498.)

Holzpflege.

Die Behandlung der Nutzhölzer von der Lieferung aus dem Sägewerk bis zur Verarbeitung in der Tischlerei spielt in Tischlereigroßbetrieben eine wesentliche Rolle, und Fehler hierbei können erhebliche Verluste verursachen.

Beim Anlegen eines Holzlagerplatzes und Lagerschuppens ist vor allem zu beachten, daß hierfür eine hohe, luftige Stelle gewählt wird und der Wind sämtliche Holzstapel auf der ganzen Länge und Breite bestreichen kann.

Um das Abladen der ankommenden Hölzer zweckmäßig auszuführen, wähle man nach Möglichkeit Doppelschuppen mit Gleisanschluß nach Abb. 16 oder 17. Der linksseitige untere Stapel *a* dient zum Lagern von dicken Brettern und leichten Bohlen bis zu 6,5 m Länge, die beiden oberen Stockwerke *b* und *e* hingegen zum Lagern von dünnen Brettern von 4 bis 6,5 m Länge. Die Hölzer können unmittelbar vom Eisenbahnwagen in die Schuppen *a* und *b* entladen werden.

Die rechtsseitige Lagerstelle *c* dient zum Lagern von starken, schweren Bohlen bis 8 m Länge, die mittels des fahrbaren, elektrischen Kranes *d* mit Greiferzange unmittelbar vom Eisenbahnwagen durch zwei bis drei Arbeiter entladen und gestapelt werden können.

Der Lagerschuppen nach Abb. 17 ist ohne elektrischen Laufkran ausgeführt und eignet sich für solche Betriebe, die wenig schwere Bohlen verarbeiten. Die beiden unteren Lagerstellen dienen zum Einlagern von 8 m langen Brettern und Bohlen, die beiden oberen dagegen zum Lagern von leichten Brettern bis zu 6 m Länge. Die Hölzer können bei diesem Schuppen ebenfalls mit den niedrigsten Unkosten unmittelbar vom Eisenbahnwagen an die Lagerstelle gelangen.

Damit der Wind sämtliche Holzstapel bestreichen kann, ist dafür zu sorgen, daß die Luft an möglichst vielen Stellen Zutritt hat. Zur Vermeidung des Schneezutritts im Winter sollen schräge Luftklappen in den Wänden angeordnet sein.

Ist man beim Bau eines Holzlagerschuppens gezwungen, ihn an der Brandmauer eines Nachbargrundstückes hochzuführen, so beachte man, daß er sich nicht unmittelbar an diese Mauer anlehnt, sondern man schaffe, wie in Abb. 16, einen Luftschacht *f* von etwa 1 m Breite.

Behandlung der Hölzer vom Einschnitt bis zur Verarbeitung.

Weichhölzer, das sind Kiefern, Fichten und Tannen, werden sowohl in der Beschaffenheit als auch nach der Blockdicke nach Klassen gehandelt:

Die 1. Klasse enthält Blöcke über 2 m³ Inhalt,
„ 2. „ „ „ von 1,01 bis 2 „ „
„ 3. „ „ „ „ 0,51 „ 1 „ „
„ 4. „ „ „ bis 0,50 „ „

Die Ansichten über die Beschaffenheit des Holzes sind selbst unter Fachleuten grundverschieden. Man kann im allgemeinen annehmen, daß bei Kiefern in geschlossenen Blöcken in der ersten Klasse 60 vH Bretter oder Bohlen enthalten sein müssen, die mindestens bis zur halben Länge astrein sind.

Harthölzer wie Buche, Eiche, Esche, Rüster, Ahorn u. dergl. werden in der Blockdicke ebenfalls nach Klassen gehandelt:

Die 1. Klasse enthält Blöcke von 60 cm Dmr. an aufwärts,
„ 2. „ „ „ „ 50 bis 59 cm Dmr.
„ 3. „ „ „ „ 40 „ 49 „ „
„ 4. „ „ „ „ 30 „ 39 „ „
„ 5. „ „ „ unter 30 „ „

Die Güte wird durch A und B gekennzeichnet. Unter A-Blöcken sind äußerlich ast- und beulenfreie Blöcke zu verstehen.

Zwei der empfindlichsten Holzarten, die eine ganz besonders sorgfältige Pflege erfordern, sind Rotbuche und Weißbuche. Wegen ihrer großen Härte findet Rotbuche vor allem Verwendung in den Fabriken für landwirtschaftliche Maschinen, in Mühlenbauanstalten bei Maschinengestellen, in Stuhlfabriken und im Lastwagenbau. Außerdem wird Rotbuchenholz mit Vorteil bei Wasserbauten dann gebraucht, wenn es stets naß bleibt. Ich hatte oft Gelegenheit, zu beobachten, daß bei alten oberschlächtigen Wasserrädern, bei denen die Arme aus Eichen- und die Felgen aus Rotbuchenholz angefertigt waren, die Arme ganz abgenutzt, dahingegen die Rotbuchenfelgen noch sehr gut erhalten waren.

Um ein einwandfreies Rotbuchen-Schnittmaterial zu erhalten, sollten die größeren Tischlereibetriebe, die Wert auf nichtangestocktes Holz legen, Rotbuchenbohlen nur frischeingeschnitten kaufen und unbedingt verlangen, daß die Blöcke bis November und Dezember gefällt werden und spätestens bis Mitte Mai auf Stapel stehen.

Wenn irgend möglich, soll der Einschnitt in den Wintermonaten erfolgen, damit die gestapelten Blöcke auf luftigen Plätzen unter freiem Himmel im Winter und Vorfrühling langsam austrocknen können, denn solches ist in späteren Monaten mit kräftigem Sonnenschein nur nachteilig.

Es darf aber nicht angenommen werden, daß die vorbezeichnete natürliche Pflege genügt; es wird nun erst eine sorgfältige Stapelung in einem geeigneten, überdachten Schuppen mit starkem Luftzug nötig. Neben ziemlich viel Feuchtigkeit enthält das frische Rotbuchenholz auch noch die bekannten Säuren, die beide einen Gärungsvorgang dann veranlassen, wenn zu dessen Beseitigung oder Verhütung nicht ein genügender Luftumlauf im Schuppen besteht. Um aber den Luftumlauf vorteilhaft auszunutzen, müssen die Bohlen sehr luftig gestapelt sein, und die Menge des vorhandenen Holzes muß daher dem Luftraum im Schuppen angepaßt werden.

a, b, c, e Lagerstapel d Kran f Luftschacht.

Abb. 16 und 17. Zweckmäßige Anlage von Holzlagerschuppen.

Diese Arbeiten müssen sich annähernd auf drei bis vier Monate im Winter und im Frühjahr nach dem Einschnitt im Freien, und daraufhin noch auf eine je nach der Bohlendicke 12- bis 24monatige luftige Stapelung im Trockenschuppen erstrecken; geschieht das nicht, so bilden sich an den Bohlen ätzende Pilze, die Stockflecke erzeugen und dadurch wertvolle Nutzhölzer für bessere Werkstücke unbrauchbar machen. Leider gibt es unzählige Sägewerke und Holzhandlungen, die nicht so verfahren; sieht man doch, daß im Winter gefällte Rotbuchen noch im darauffolgenden Sommer im Walde liegen und erst nach einem Jahre zum Einschnitt kommen. Die Folge davon ist, daß das Holz schon im Stamm, d. h. vor dem Einschnitt, verstockt.

Für Betriebe, die gezwungen sind, erstklassige Rotbuchenbretter und Bohlen in größeren Breiten rißfrei zu verarbeiten, kommt nur gedämpfte Buche in Frage. Das Holz muß auf dem Sägewerk sofort nach dem Einschnitt gedämpft werden, und die Bretter oder Bohlen müssen dann, damit man Risse sicher vermeidet, anschließend in einer zweckmäßig angelegten Trockenanlage zuerst mit Feuchtluft und hierauf mit warmer Trockenluft getrocknet werden. Jetzt können sie verarbeitet werden, ohne daß man ein Werfen oder Reißen befürchten muß. Die Dauer des Trockenvorganges richtet sich nach der Holzdicke und der Bauart der Trockenanlage. Im allgemeinen kann man mit einer 10- bis 20tägigen Trockenzeit rechnen.

Es ist unbedingt erforderlich, daß Rotbuchenbohlen bei natürlicher Trocknung sofort nach dem Einschnitt von Sägespänen gesäubert und mit 40 mm dicken Stapelhölzern an einer luftigen Stelle mit genügenden Zwischenräumen gestapelt werden.

In der Güte fällt Rotbuche sehr verschieden aus; es gibt Rotbuchenwälder, in denen Stämme wachsen, die auch nach dem Trocknen durchweg noch eine weiße Farbe und hellen Kern haben. Dagegen liefern andere Gegenden wieder Stämme mit großem, dunkelbraunem Kern und nur etwa 10 cm breitem hellem Splint. Dieses Holz ist für Betriebe, die naturlackierte Arbeiten liefern, wie Mühlenbauanstalten u. dergl., ungeeignet.

Die Behandlung der übrigen Hartholzarten ist mehr oder weniger dieselbe wie bei Rotbuchen.

Die zweite Holzart, die eine sorgfältige Pflege verlangt und in großen Mengen verarbeitet wird, ist das Kiefernholz. Man unterscheidet hierbei Bork- und Wasserholz. Unter Borkware versteht man Kiefernstämme, die im Spätherbst und Winter gefällt und gleich darauf eingeschnitten sind, wogegen Wasserholz nach dem Fällen bis zum Einschnitt vollständig unter fließendem Wasser liegen bleibt.

Die beste Kiefer ist die ostpreußische aus dem Johannisburger Forst, aus der fast stets Borkware erzeugt wird, während die polnische Kiefer meistens nur Wasserholz liefert. Borkholz, Winterfällung, das, um der Gefahr des Verblauens vorzubeugen, bis spätestens Anfang März eingeschnitten werden muß, enthält bei der Fällung bis zu 45 vH Feuchtigkeit.

Wasserholz, Winterfällung, das durch die Flößung gewöhnlich verspätet zur Schneidemühle kommt und in einem wirtschaftlich arbeitenden Betrieb erst im Herbst eingeschnitten wird, weil es, wenn im Hochsommer geschnitten, der Gefahr des Verblauens ausgesetzt ist, hat durch das Lagern im Wasser den größten Teil der Eiweiß- und Gerbstoffe bis auf einen ganz geringen Betrag verloren. Daher trocknet es an sich leichter, obwohl seine Feuchtigkeit beim Einschnitt natürlich noch größer ist als die Feuchtigkeit frisch gefällten Borkholzes.

Borkholz muß, wenn es geschnitten ist, sofort gestapelt werden, und zwar müssen, je dicker die Bohlen sind, um so dicker die Zwischenlager genommen werden. Man legt den Stapelplatz auf dem Sägewerk für das im Spätwinter zum Einschnitt kommende Kiefernholz nach Möglichkeit dahin, wo das Holz vor allzu scharfen Winden etwas geschützt ist, damit es im Frühjahr nicht reißt.

Das Holz trocknet durch langsames Entweichen der Feuchtigkeit, das in der äußeren Holzschicht beginnt. Wenn die Bretter oder Bohlen von außen sehr schnell trocknen, d. h. bei zu hoher Temperatur und zu starkem Luftzug, dann wird der äußeren Schicht die Feuchtigkeit zu schnell entzogen, die Oberfläche verhärtet sich, die innen eingeschlossene Feuchtigkeit hat infolgedessen keinen Ausweg zum Verdunsten und sprengt daher die äußere Schicht. Die so entstandenen Risse werden Windrisse genannt.

Das zu schnelle Trocknen von verspätet eingeschnittenem Kiefernholz zieht in den meisten Fällen Verblauen nach sich. Äußerlich vollständig blankes und astreines Schnittmaterial verblaut dann einige Millimeter unter der Schnittfläche völlig und kann infolgedessen zu naturlackierten Arbeiten keine Verwendung finden. Diese Erscheinung ist also stets auf eine unsachmäßige Behandlung zurückzuführen. Die Haltbarkeit des Holzes dahingegen leidet durch Verblauen nicht.

Das Verblauen hat nichts zu tun mit Selbstzersetzung der Säfte, Oxydation, Ersticken u. dgl., sondern die blaue Farbe wird durch den Blaupilz hervorgerufen. Sie ist etwas ganz anderes als die auf den äußersten Schichten von Holz, das längere Zeit im Freien gelegen hat, meist zu beobachtende bläulich-graue Farbe. Diese stammt nur von dem Ruß und eisenhaltigen Teilen der Luft und läßt sich gewöhnlich durch einen Hobelstrich gut entfernen. Schwüle, feuchte Gewittertage, wie sie im Mai und Juni häufig vorkommen, bieten offenbar die besten Lebens- und Entwicklungsbedingungen für den Blaupilz, und aus diesem Grunde muß die Verladung von noch nicht ganz trockener Kieferware bei feuchtwarmem Wetter unterbleiben.

Der Blaupilz hat die Eigentümlichkeit, außerordentlich schnell durch die feinen Kanäle des frischgeschnittenen Holzes weiterzuwuchern. Er unterscheidet sich dadurch von den bekannten holzzerstörenden Pilzen, z. B. Hausschwamm, daß diese die Zellenwände des Holzes selbst befallen und infolgedessen viel langsamer fortschreiten.

Die Pilzfäden des Blaupilzes selbst sind fast farblos, die Färbung entsteht hauptsächlich durch besondere Lichtbrechungserscheinungen. Ihre Beseitigung durch chemische Mittel ist praktisch kaum durchführbar, jedoch ist das Verblauen von frischer Ware durch Vorbehandlung

mit dem Bläueschutzmittel „Fungimors" durch Streich- oder Tauchverfahren sicher zu verhüten.

Wenn nun der Pilz ein solches frisches Stück befallen und die ersten Fäden in die Tiefe des Holzes gesenkt hat, das man unmittelbar darauf einer scharfen Trocknung aussetzt, so muß in den oberen Schichten, soweit die Einwirkung der Trocknung reicht, das Pilzwachstum aufhören. Wenn dies nun so gering war, daß noch keine Farbwirkung, wenigstens keine dem Auge sichtbare, auftrat, so ist es sehr verständlich, wenn dieses Holz äußerlich einen einwandfreien, blanken Eindruck macht. Wenn aber der Trocknungsvorgang nicht so geleitet wird, daß die Trocknung gleichmäßig und verhältnismäßig schnell durch das ganze Holz weiterschreitet, das Holz vielmehr an der oberen Schicht so scharf getrocknet ist, daß die Feuchtigkeit aus dem Innern nicht gut entweichen kann, so hat der Pilz im Innern vollständig seine Lebensbedingungen behalten und wird sich millimetertief unter der Oberfläche ungestört weiter ausbreiten können.

Die Ursache kann in diesem Fall entweder ein zu scharfes, kurzes Trocknen sein, wodurch die Oberfläche gewissermaßen gefärbt wird, oder aber ein zu kurzes Trocknen, das nur die Weiterentwicklung des Pilzes in den oberen Schichten verhindert. Das Verblauen des Holzes kann außerdem durch ein zu frühzeitiges Einbringen ohne Stapelung im Holzlagerschuppen hervorgerufen werden, oder aber es wird erstklassiges, blankes Holz, das auf der Bahnfahrt naß geworden ist, ungestapelt in einen dumpfen Lagerschuppen gebracht.

Wer gezwungen ist, in seinem Betriebe viel Kiefernholz zu naturlackierten Arbeiten zu verwenden, weiß zu beurteilen, wie schwierig es ist und besonders nach dem Kriege war, blankes Holz zu beschaffen; ich bin zu der Überzeugung gekommen, daß die in Trockenkammern künstlich getrocknete und gegen Verblauen behandelte amerikanische Kiefer, wie Texas Caroline Pine oder Shortleaf Pine und Red Pine für solche Arbeiten zu bevorzugen ist. Man spart beim Verarbeiten von amerikanischer Kiefer zu naturlackierten Gegenständen viel Ärger und Verdruß, da dieses Holz, parallel besäumt, in fast ast- und blaufreier Beschaffenheit geliefert wird. Es stellt sich unter Berücksichtigung vorstehender Eigenschaften und des geringen Verschnittes billiger als gute Johannisburger Kiefer.

Außer den vorgenannten amerikanischen Kieferarten, die zu etwa 90 vH astrein und blaufrei gehandelt werden, ist noch Pitch Pine, auch Longleaf Yellow Pine genannt, zu erwähnen, das jedoch meist in Balken und Bohlen gehandelt wird. Pitch Pine wird ohne Splint, Longleaf Yellow Pine dagegen mit Splint gehandelt. Red Pine wird hauptsächlich von den Alabama- und Florida-Häfen eingeführt und ist nichts andres als Seitenholz von Longleaf Yellow Pine, das meist bei der Erzeugung von gesägten Balken entsteht.

Pitch Pine, Longleaf Yellow Pine, auch kurz Yellow Pine genannt, sowie Red Pine sind alle drei Erzeugnisse eines und desselben Baumes und nicht drei verschiedene Arten oder gar Gattungen von Kiefer, sondern im Grunde genommen nur Gütebezeichnungen.

Shortleaf Pine ist eine Kiefer mit kurzen Nadeln; sie kommt an Aussehen wohl der ostpreußischen Johannisburger Kiefer am nächsten; denn sie ist von schöner heller Farbe und wird in der besten Beschaffenheit aus Texas unter dem Namen Carolina Pine einseitig astrein, blank und ohne Harzstellen geliefert.

Aus den Wäldern von Oregon wird ein Weichholz in astreiner, blanker Beschaffenheit in unheimlich großen Bohlenabmessungen unter den Namen Oregon Pine geliefert. Unter den in Hamburg ankommenden Hölzern sind parallelbesäumte Bohlen von 12 m Länge, 650 mm Breite und 135 mm Dicke zu finden, die auch nicht einen einzigen Ast aufweisen. Oregon Pine ist keine Kiefer, sondern eine Tannenart; sie ist weich, grobadrig und hat eine noch etwas dunklere, ins rötliche schimmernde Farbe als Red Pine. Der einzige Fehler bei diesem Holz ist, daß es weich und zum Teil mit Luftrissen versehen ist.

Jedenfalls sind Red Pine und Oregon Pine die billigsten und minderwertigsten amerikanischen Kiefern- oder Tannenhölzer.

Über die drei in Deutschland hauptsächlich zur Verarbeitung kommenden Kiefernarten, wie ostpreußisches Borkholz, polnisches Wasserholz und amerikanische Kiefer, ist noch folgendes zu bemerken:

Ostpreußisches Borkholz hat, falls gut behandelt, eine schöne, helle Farbe und etwa 30 vH mehr Festigkeit als Wasserholz.

Polnisches Wasserholz ist meist nicht so feinfasrig und hell wie ostpreußisches Borkholz, ist jedoch leichter zu behandeln, da, wie schon erwähnt, durch die Lagerung im Wasser das Eiweiß und der Gerbstoff zum größten Teil ausgelaugt sind. Die Poren dieses Holzes sind dadurch ausgeweitet und können sich nicht so leicht schließen, so daß die nachdringende Feuchtigkeit immer noch Durchlaß findet. Dieses Holz ist, wie der Fachmann sagt, „tot" und arbeitet nicht oder doch nur sehr wenig, d. h. es dehnt sich und wirft sich fast nicht und wird daher von den Tischlern mit Vorliebe zu Furnierzwecken verwandt.

Amerikanische Kiefer ist stets parallel besäumt, mindestens zu 90 vH astrein, hart, spröde und hat teilweise Harzstellen.

Als letzte Holzart, die in großen Mengen in Leistenfabriken, Modelltischlereien und Mühlenbauanstalten Verwendung findet, ist Erle zu erwähnen. Schon lange vor dem Kriege deckte die deutsche Erzeugung bei weitem nicht den vorliegenden Bedarf; es mußte daher auf ausländische Erle zurückgegriffen werden. Hauptlieferer war Rußland. Die russische Erle im allgemeinen und die wolhynische im besonderen erfreut sich steigender Beliebtheit, weil sie schlichter und schlanker gewachsen ist, als die deutsche Erle. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, daß die deutsche Erle durchweg schlechter ist als die russische. Im allgemeinen werden jedoch für wolhynische Erle 25 vH mehr bezahlt als für deutsche Ware.

Leider hält es nach dem Kriege sehr schwer, Erlenschnittware zu erhalten, die sich für naturlackierte Gegenstände eignet, da die Behandlung der Hölzer vom Fällen bis zum Einschneiden nach dem Kriege nicht mehr so gewissenhaft ausgeführt wird, wie es vorher üblich war. Sämtliche russischen Erlenblöcke kommen geflößt nach Deutschland und werden hier eingeschnitten. Da nun die russische Erle in Sumpfgebieten wächst und die Bäume im Winter gefällt werden, so kann es bei einem gelinden Winter vorkommen, daß die gefällten Blöcke nicht abgeholt werden können; denn man kann sie in den Sumpfgebieten nur auf hartgefrorenem Boden befördern. Die Folge ist dann, daß die Blöcke unter Umständen nach dem Fällen ein volles Jahr im Walde liegen bleiben und mitunter ein weiteres Jahr im Wasser zubringen. Daß das Aussehen und die Farbe solchen Holzes leiden muß, liegt auf der Hand.

Für naturlackierte Arbeiten, z. B. für das Außenholz der Plansichter in der Mühlenbauindustrie, kommt nur kernfreies, hellfarbiges Seitenmaterial in Frage, das weder dunkelstreifig noch scheckig sein darf. Dieses Holz ist infolge der verkehrten Behandlungsweise und des verspäteten Einschnittes nach dem Kriege vom Markt verschwunden.

Wer Wert auf ein gutes blankes Erlenschnittholz legt, verlange, daß die Blöcke nach dem Fällen im Winter eingeschnitten und sofort nach dem Einschnitt von Sägespänen gesäubert und an luftiger Stelle gestapelt werden. Der Versand der Blöcke darf nicht vor vollständigem Trocknen, also etwa vor Juni, erfolgen.

Für Modelltischlereien sowie bei Innenarbeiten, wo die Farbe des Holzes keine Rolle spielt, ist geflößte Erle vorzuziehen, da die Werkstücke durch das lange Lagern im Wasser sich weniger werfen als ungeflößte Erle. [B 447]

Der deutsche Elektrokarren.

Von Oberingenieur H. Hellmich, Berlin.

Ein neues Fördermittel, das erst seit wenigen Jahren in Deutschland gebaut wird, ist der Elektrokarren, und es scheint, als ob sich dieser zu einem einflußreichen Glied im wirtschaftlichen Förderwesen entwickeln wird.

Anforderungen an den Elektrokarren.

Grundsätzlich sind folgende Anforderungen an ein derartiges Verkehrsmittel zu stellen: In engen Betrieben auf schmalen Straßen mit scharfen Krümmungen muß sich der Wagen fast auf der Stelle drehen können. Es ist also sehr wendig zu bauen. Für Transporte auf weiten Strecken, auf breiten und bequemen Straßen, kann von dieser Forderung entsprechend abgesehen werden.

Der Elektrokarren muß immer betriebsbereit sein oder wenigstens mit wenigen Handgriffen in diesen Zustand gebracht werden können Die Batterie soll unempfindlich sein gegen plötzliche starke Beanspruchung, wie sie durch Anfahren mit Last, elektrisches Bremsen, schlechtes Pflaster usw. auftreten kann, und das Aufladen und Beobachten der Batterie beim Laden muß sich leicht ermöglichen lassen. Die Schaltgeräte sollen handlich, Sicherungen und Widerstände übersichtlich angeordnet und leicht auswechselbar sein. Alle Leitungen sind entsprechend der starken Beanspruchung, der sie beim Fahren durch Staub, Feuchtigkeit usw. ausgesetzt sind, gut isoliert an den Verbindungs- und Anschlußstellen zu befestigen.

Die Antriebmotoren sind regelbar und umstellbar einzurichten, und der Wagen muß durch elektrisches Bremsen im Gefahrfalle zum sofortigen Stehen zu bringen sein.

Der Elektrokarren soll in Wind und Wetter nicht nur auf glatten, asphaltierten Straßen, sondern auch auf schlechtem Pflaster, beispielsweise Kopfpflaster schlechtester Ausführung, noch betriebsicher fahren. Außerdem muß er, wenn er wirtschaftlich arbeiten will, im Verhältnis zu seiner elektrischen Zugleistung ein entsprechend großes Ladegewicht tragen und dieses vor allem stoßfrei befördern können. Er darf nicht zu hoch gebaut sein, damit beim Aufladen nicht nutzlose Hebeleistung nötig wird, und er muß große Bodenfreiheit haben.

Ausführung der Elektrokarren.

Vergleicht man diese Grundforderungen mit den zurzeit auf dem Markt befindlichen Karren, so stellt man fest, daß sich die Erzeugerfirmen bei der Ausführung ihrer Elektrokarren überall noch im Aufbau befinden. Das Eindringen der Karren in die verschiedensten Anwendungsgebiete zeitigt fast täglich neue Erfahrungen, die beachtet werden müssen und zu Konstruktionsänderungen Anlaß geben.

Die günstigste Lenkfähigkeit wird erreicht durch die Vierradlenkung, d. h. durch eine Steuerung, die gleichzeitig alle Räder auf die Steuerkurve einstellt, Abb. 1. Naturgemäß erfordert ein derartiger Mechanismus viel Platz und ist bei starker Beanspruchung, insbesondere bei schlechtem Pflaster, erheblich der Abnutzung ausgesetzt. Aus diesem Grunde sind die Bewegungsorgane in Kugeln gelegt und aus gehärtetem Werkstoff überall dort hergestellt, wo Dreh- und Reibungsbeanspruchungen auftreten.

Die Zweiradlenkung, Abb. 2, die natürlich dem Wagen nur eine beschränkte Wendefähigkeit geben kann, hat ohne Zweifel im besonderen Fall ihre wichtige Daseinsberechtigung, nur muß vor Anschaffung einwandfrei festgestellt werden, ob die zu befahrenden Wege den größeren Drehkreis zulassen. Es ist klar, daß die wesentlich einfachere Steuerung den Karren billiger macht. Durch Verkürzung oder Abrundung der Ladefläche läßt sich der Drehkreis des Karrens noch etwas verringern.

Die Steuerung wird durch den Fahrer auf verschiedene Weise bedient. Grundsätzlich ist zu fordern, daß der Fahrer die Bewegung der Steuerung sinnfällig mit der Richtung, die er einschlagen will, auslösen kann. Ferner muß er das Fahrzeug mit einer Hand steuern können, da er die andere Hand für die Betätigung des Fahrschalters, d. h. zum Anfahren, Halten und Regeln der Geschwindigkeit braucht, Abb. 3. Am brauchbarsten ist wohl die Handradsteuerung, die sich bekanntlich ohne Ausnahme im Kraftwagenbetrieb durchgesetzt hat. Eine Hebelsteuerung braucht verhältnismäßig lange Hebelstangen, um die Steuerkraft klein zu halten. Sie ist teils durch Heben und Senken des Hebels, teils durch seitliches Schwenken nach links und rechts, je nach der gewünschten Richtung, zu betätigen. Die zuletzt genannte Bauweise ist wohl die richtigere, da sie für den Fahrer

Abb. 2. AEG-Karren-Fahrgestell mit Bandfedern und Zweiradlenkung.

Abb. 1. Grundriß des Untergestelles eines SSW-Karrens mit Vierradlenkung.

Abb. 3. Ansicht eines MAN-Karrens mit Handradsteuerung.

a Lenkhandrad *b* Fahrschalter *c* Fußhebelbremse
d gefederter Führerstand *e* Batterie seitlich herausfahrbar.

Abb. 4. Bleichert-Karren mit Trittbrettlenkung.

am einfachsten und sinnfälligsten ist. Sie hat nur den Nachteil, daß der Hebel unter Umständen bei scharfen Kurven zu weit nach außen gelegt werden muß und dadurch das Durchfahren enger Stellen schwierig wird.

Eine besondere Art der Steuerung ist die Trittbrettlenkung. Der Fahrer steht auf einer nach beiden Seiten gehobenen Plattform und steuert mit den Füßen durch Verlegen seines Schwerpunktes und Herunterdrücken der Plattform nach der jeweilig gewünschten Richtung, Abb. 4. Da im allgemeinen die Fußkraft größer ist als die im Arm und bei einiger Übung durch Verschieben des Schwerpunktes das Körpergewicht in voller Höhe in der Drehrichtung mitwirkt, so kann man die Steuerung als zweckmäßig ansprechen. Nachteilig scheint mir jedoch zu sein, daß hier eine gewisse Übung erforderlich ist und im Gegensatz zu den anderen Steuerungsformen eine stärkere körperliche Beanspruchung notwendig wird. Diese Steuerung wird vorläufig ausschließlich für Zweiradlenkung gebaut.

Um dem starken Verschleiß der Steuerteile zu begegnen, der sich in erster Linie in unangenehm wirkender Lockerung im Gestänge äußert, sind alle der Reibung ausgesetzten Teile aus gehärtetem und geschliffenem Stahl hergestellt und in den Drehpunkten Kugelgelenke verwendet. Außerdem sind Vorrichtungen getroffen, die Lockerung leicht zu beseitigen.

Die elektrische Ausrüstung.

Die Elektrokarren werden mit einem gut übersehbaren Schaltschrank geliefert, worin der Fahrschalter, die Schaltwiderstände, die Sicherungen, Schalter- und Ladesteckeinrichtungen usw. leicht auswechselbar angeordnet sind, Abb. 5. Gegen unbefugtes Öffnen sind die Türen abschließbar und vielfach selbsttätig so eingerichtet, daß beim Öffnen der Tür der Strom ausgeschaltet wird, d. h. der Wagen nicht fahren kann.

Die Batterie wird in zwei Ausführungsformen gebaut[1]), und zwar als Gitterplattenbatterie (Ky) und als Oberflächenbatterie (GO).

Die Gitterplattenbatterie hat den Vorzug der Leichtigkeit und infolgedessen größerer Arbeitsfähigkeit, bezogen auf die Gewichteinheit der verwendeten Batterie. Nachteilig ist ihre größere Empfindlichkeit gegen starke Beanspruchung, insbesondere gegen mechanische, und ihre geringere Lebensdauer, die im allgemeinen für die positiven Platten 200, für die negativen Platten 400 Betriebstunden nach Angabe der Baufirmen beträgt.

Die Oberflächenbatterie ist wesentlich schwerer. Das tote mitzubefördernde Gewicht des Fahrzeuges wird bei gleicher Arbeitsfähigkeit größer als bei der Gitterplattenbatterie. Dafür ist sie außerordentlich widerstandsfähig, da die Platten aus vollen Bleiplatten formiert sind, im Gegensatz zur Gitterplattenbatterie, die aus Bleigittern besteht, in die die Masse eingedrückt wird. Die Folge ist eine längere Lebensdauer, die für positive Platten mit 1000 h, für negative Platten mit 2000 h angegeben wird.

Da im allgemeinen der Elektrokarren in beschränktem Umkreis gebraucht wird und das Mehrgewicht von dem Fahrgestell ohne wesentlich kräftigere Ausführung getragen werden kann, so ist der Nachteil des Mehrgewichtes nicht von derartigem Einfluß wie z. B. bei elektrischen Kraftwagen, die im allgemeinen mit Gitterplattenbatterie geliefert werden, und bei denen es der Wettbewerb mit dem Kraftwagen mit Verbrennungsmotor zwingend fordert, in der Betriebswirtschaftlichkeit jedes nur irgend vermeidbare Gewicht auszuschließen. Die Bedienung und Überwachung der Elektrokarren liegt ferner meist in ungeschulten Händen, weshalb die Oberflächenbatterie ihrer robusteren Ausführung wegen im Betrieb und beim Laden in den meisten Fällen der Gitterplattenbatterie vorzuziehen ist.

Die Batterie ist durch Deckel staubdicht gemacht und besonderer Wert auf gute und feste Verbindung der Platten untereinander und mit den Zuführungskabeln gelegt. Die elektrischen Leitungen sind in feste, stark gummierte Schläuche zusammengelegt, so daß sie nicht verschmutzen und beschädigt werden können. Die Motoren sind gekapselt und lassen sich für kurze Zeit überlasten. Sie wirken entweder durch Ritzel oder Zahnradvorgelege auf die Achse oder unmittelbar auf das Rad. Wesentlich ist, daß der Zweimotorenantrieb durch elektrische Regelschaltung das Differentialgetriebe, das bei Kraftwagen erforderlich ist, ersetzen kann. Beim Einmotorenantrieb muß entweder ein solches eingebaut werden, oder beim Drehen ist mit großem Gummiverschleiß durch Abreiben der innen liegenden Gummiräder auf der Fahrbahn zu rechnen, da diese die gleiche Anzahl Umläufe machen wie die außenliegenden. Soweit festzustellen ist, wird der Einmotorenantrieb letzterer Ausführung nur bei Zweiradlenkung ausgeführt, wobei dieser Nachteil etwas ausgeglichen wird.

Wesentlich ist für das Fahrzeug, daß neben der Hand- oder Fußbremse, die mit Bremsbacken auf die Radachsen

Abb. 5. Ansicht eines Schaltschrankes am Siemens-Schuckert-Karren.

[1]) s. Z. Bd. 69 (1925) S. 965.

oder Räder unmittelbar wirkt, noch eine elektrische Kurzschlußbremse eingebaut ist. Mit dieser sind alle Wagenarten ausgerüstet. Um die Betriebsicherheit beim Fahren zu erhöhen, wird der Fahrstrom erst durch Treten auf einen klappbaren Fußtritt eingeschaltet. Steigt der Fahrer ab, oder fällt er durch einen Unfall vom Wagen, so schnellt der vorher belastete Fußtritt hoch und schaltet den Strom aus. Das Gleiche geschieht mit dem Fahrschalter. Der Schalterhebel wird durch Federzug beim Loslassen selbsttätig auf Nullstellung gebracht.

Ausführung des Fahrzeuges selbst.

Entsprechend den erheblich größeren Ansprüchen in bezug auf Gewicht und Geschwindigkeit, die man gegenüber der Beförderung auf handbetriebenen Plattformwagen an die Elektrokarren zu stellen hat, sind diese sehr kräftig und widerstandsfähig gebaut. Der Rahmen des Fahrzeuges besteht aus gepreßten oder gewalzten durchgehenden, festverbundenen Längs- und Querträgern. Die Achsen sind geschmiedet, neuerdings vielfach gepreßt, die Räder laufen in Kugellagern, sind aus Gußeisen oder Gußstahl hergestellt und mit Hartgummireifen belegt. Luftreifen sind bisher noch nicht erprobt, obwohl sie für das weichere Fahren von Vorteil wären. Der Durchmesser der Räder muß entsprechend der Belastung und mit Rücksicht auf die Fahrbahn bemessen sein, wodurch eine gewisse Höhe der Plattform vorgeschrieben ist. Oben ist auf die Notwendigkeit hingewiesen, die Plattform recht niedrig zu halten, damit man möglichst Kraft zum Aufheben der Last spart. Im allgemeinen ist es aber nicht gelungen, die Plattform unter 600 mm Höhe zu bringen. Für Sonderausführungen sind die Plattformen tief zwischen die Räder gelegt worden. Da aber dann die Batterie mit ihrer Höhe nicht mehr unterhalb der tragenden Fläche liegen kann, verliert der Wagen beträchtlich an ausnutzbarer Tragfläche.

Sehr wesentlich ist die Abfederung. Der Wagen muß gut gefedert sein, um das Fördergut zu schonen und die Batterie vor Beschädigungen und Erschütterungen zu schützen. Schraubenfedern, vor allem, wenn für jedes Rad nur eine angeordnet ist, sind wenig geeignet. Es ist schwierig, hier die richtige Bemessung zu finden. Sind sie zu stark, so wirken sie bei nicht voll beladenem Wagen nur wenig, teilweise überhaupt nicht. Sind sie zu schwach, so brechen sie leicht. Man hat sich in einem Falle damit geholfen, daß man Zwischenstücke um die Federn gelegt hat, um sie vor völligem Zusammenschlagen zu schützen und das Brechen zu verhüten. Die elastische Federung wird aber hierdurch beeinträchtigt. Doppelfedern haben wesentlich bessere Ergebnisse gezeitigt. Neuerdings werden Blattfedern verwendet, wie sie im Wagenbau üblich sind. Diese stellen die richtigste Abfederung dar. Leider werden Blattfedern vorläufig nur bei Elektrokarren mit Zweiradlenkung eingebaut. Jedenfalls müssen die Baufirmen hier noch viel tun, um die richtige, für alle Zwecke brauchbare Lösung zu finden. Zu berücksichtigen ist, daß der Elektrokarren nicht nur für Fördergut, das Erschütterungen einigermaßen aushält, in Frage kommen darf, sondern seinen Arbeitswirkungskreis in bedeutend größerem Maß erweitern kann, wenn er erschütterungsfrei fährt. Ich denke hierbei an die Förderung von Apparaten, feineren Maschinen usw. Außerdem ist damit zu rechnen, daß die Wegeverhältnisse in den allermeisten Fällen sehr schlecht sind, vor allem in der jetzigen Zeit, wo die Werke der schlechten Geschäftslage wegen nicht in der Lage sind, ihre Verkehrswege in entsprechendem Maße zu verbessern.

Abb. 7. Kranwagen der Hansa-Lloyd-Werke, Bremen.

Vielfach wird die Batterie noch im Wagen selbst abgefedert, sei es, daß der Batterietrog in Federn hängt, oder daß die Batterie selbst auf einem Federkissen im Trog ruht. Anzustreben ist jedenfalls, daß die Batterie, die die Seele des Fahrzeuges darstellt, geschont und gegen Beschädigungen geschützt wird.

Die richtige Anbringung der Motoren an der Achse oder den Rädern ist für die Standfestigkeit des Fahrzeuges von großem Einfluß. Der Schwerpunkt der Motoren muß möglichst wenig aus der Radachse gerückt werden, da sonst unangenehm wirkende Momente auftreten können. Eine glückliche Lösung liegt darin, daß die Motoren sich in einem Rahmen des Wagengestelles drehen können und dadurch zur Drehachse sehr günstig liegen.

Die Plattform selbst ist mit Holz belegt. Damit man an die Batterie und an das Gestänge der Steuerung gut herankommen kann, ist der Holzbelag aus mehreren Teilen zusammengesetzt. Seitlich sind die Rungenhalter angebracht, wodurch man die Wagen ohne Mühe als Kastenwagen einrichten kann. Es ist meist nicht zweckmäßig, die Seitenbretter abklappbar zu machen. Zum Ziehen von Anhängern haben die Elektrokarren Zughaken, die mit dem Rahmen sehr gut verbunden sind.

Abb. 6. Schleppzug für Postbetrieb auf einem Bahnhof.

Nachteilig zeigt es sich, daß bei der noch neuen Elektrokarrenindustrie in den wichtigsten Abmessungen zwischen den herstellenden Firmen keinerlei Übereinstimmung besteht. Es ist auch nicht gelungen, bisher die Firmen zu bewegen, sich über die Hauptmaße, z. B. Länge über alles, Breite, Länge und Höhe der Plattform usw., zu einigen. Ich verweise auf die Zusammenstellung in Nr. 29 dieser Zeitschrift vom 18. Juli 1925. Für die Verwendung der Elektrokarren, vor allem in der Industrie in Fabrikhäusern mit mehreren Stockwerken, zeigt es sich, daß die Fahrstühle, die die Stockwerke verbinden, meist räumlich nicht groß genug sind, um die Elektrokarren aufzunehmen. Je mehr sich der Elektrokarren durchsetzt, um so wichtiger wird die Lösung dieser Frage. Es wäre ein Verdienst der Ausschüsse, wenn in Verbindung mit den Fahrstühle herstellenden und den Elektrokarren bauenden Firmen eine Klärung geschaffen würde.

Als gebräuchlichste Bauarten haben sich Elektrokarren mit 750 kg und 1500 kg Tragfähig-

RZ874Z8

Abb. 8. Karren der Maschinenfabrik Eßlingen mit Anhänger.

keit eingeführt. Wagen mit 2500 kg Tragkraft sind erst wenig im Gebrauch.

Sonderausführungen.

Für Sonderzwecke sind eine Reihe von Sonderbauarten auf den Markt gekommen. Grundsätzlich ist hier zu sagen, daß es sich der Käufer vorher reiflich überlegen muß, bevor er zu einer Sonderkonstruktion greift, da diese meist höhere Kosten verursacht, die nicht immer durch die Ersparnisse gedeckt werden.

Von den wichtigsten Bauarten nenne ich die folgenden:

Der Elektroschlepper dient zum Schleppen, ist mit entsprechend großer Batterie ausgerüstet und sehr standfest auf Zugbeanspruchung gebaut. Er ermöglicht im Zusammenhang mit Anhängewagen gleislosen Zugbetrieb und hat sich hier vor allem im Post-, Eisenbahn- und Hafenbetrieb sehr bewährt, Abb. 6. Seine konstruktive Ausführung ist die gleiche wie beim Elektrokarren, nur ist er kürzer gebaut, der Achsenabstand wesentlich geringer, wodurch seine Wendigkeit außerordentlich zunimmt. Er läßt sich auch als Ersatz für Pferde zum Ziehen von Fuhrwerken und unter günstigen Umständen auch beim Verschieben von Eisenbahnwagen verwenden, jedoch ist seine Zugkraft hier nicht immer ausreichend.

Entsprechend der Bedeutung, die für die verschiedensten Zweige der Industrie der Hubwagen gewonnen hat, ist der Elektrokarren auch in besonderer Ausführung als Hubwagen eingerichtet. Man baut den Hubwagen heute völlig gleich wie den Elektrokarren. Die Sonderbauarten mit niedrigen Rädern haben sich nicht bewährt. Lediglich die Plattform wird in bekannter Weise heb- und senkbar gemacht. Für den Elektrokarren-Hubwagen ist das Anwendungsgebiet noch sehr beschränkt, vor allem in Werkstätten. Er braucht für richtige Verwendung viel Platz, und die große Menge des Gutes, das gehoben werden kann, macht ihn vielfach bei Verwendung von Maschine zu Maschine ungeeignet, z. B. in der Fertigung bei der Kleinindustrie. Hier bleibt dem kleinen Handhubwagen das Feld. Der Hubwagen ist nur brauchbar, wenn entsprechend große Einzelgewichte befördert werden müssen, Platz zum Unterbringen der großen Hubgestelle und für das Arbeiten des Hubwagens selbst vorhanden ist. Die Zahl der eingeführten Hubwagen ist infolgedessen noch sehr gering.

Eine besondere Ausführung des Elektrokarrens ist der Kranwagen, Abb. 7. Unmittelbar auf der Plattform oder an der Rückwand ist ein drehbarer Kran aufgestellt, der von Hand oder auch mechanisch durch besonderen Motor oder unmittelbar durch den Fahrmotor des Wagens angetrieben wird. Für verschiedene Zwecke ist diese Einrichtung zu empfehlen, vor allem da, wo es sich um verhältnismäßig große Einzellasten von beschränkter Raumgröße, wie z. B. Fässer, Kisten usw., handelt und Hebevorrichtungen fehlen.

Durch Aufbauten können die Elektrokarren noch für viele Sonderzwecke brauchbar gemacht werden. Diese hier aufzuführen, überschreitet den zur Verfügung stehenden Raum.

Um den Betrieb mit Elektrokarren wirtschaftlicher zu gestalten, baut man neuerdings besondere Anhänger, Abb. 8. Für diese gilt in bezug auf Wendigkeit das Gleiche, was oben von den Elektrokarren gesagt worden ist. Diese Forderung verwirklicht am besten der Anhänger mit Vierradlenkung, der mit dem Zugwagen fest gekuppelt wird, so daß er genau in der gleichen Spur läuft. Daneben werden jedoch Anhänger mit nur einer drehbaren Achse viel verwendet. Am zweckmäßigsten ist der Anhänger, der auch jederzeit als von Hand betriebener gewöhnlicher Plattformwagen verwendet werden kann. Die Anhänger haben mit Gummi belegte Räder.

Wirtschaftlichkeit.

Es ist in letzter Zeit vielfach auf die Wirtschaftlichkeit der Elektrokarren hingewiesen worden. Daher möchte ich zum Schluß meiner Ausführungen nur kurz zusammenfassen, wie man beim Vergleich des Handbetriebes mit dem Elektrokarrenbetrieb für jeden vorliegenden Fall die Wirtschaftlichkeit feststellen und den Nachweis führen kann, daß die Anlagekosten, die gegenüber den mit Hand betriebenen Fahrzeugen recht beträchtlich sind, durch Ersparnisse in kurzer Zeit herausgeholt werden.

Vergleichswerte liefern:

1. Zurückzulegender Weg.
2. Menge und Gewicht der zu befördernden Güter.
3. verbrauchte Förderzeit,
4. jeweilige Förderkosten.

Die Förderkosten setzen sich wie folgt zusammen:

bei Handbetrieb:

1. Abschreibung auf den Wert der Fahrgeräte (in der Regel 10 bis 20 vH),
2. Verzinsung des Anlagekapitals (5 bis 10 vH),
3. Anzahl der Transportarbeiterstunden (Stundenlohn + Unkostenzuschlag);

bei Karrenbetrieb:

1. Anschaffungskosten einschl. Ladestelle,
2. Jahresbetriebskosten:
   Abschreibung des Wagens 20 vH,
   Abschreibung der Batterie nach Lebensdauer,
   Verzinsung des Anlagekapitals,
   Unterhaltungskosten und Ausbesserungen,
   Schmierstoffe,
   Fahrerkosten,
   Kosten des Ladestromes.

Durch Untersuchungen in einem größeren Fabrikbetrieb[1]) ist festgestellt worden, daß in diesem Falle

1 km bei Handfahrzeugen . . . . 3,20 ℳ
1 km bei Ek-Betrieb . . . . 1,30 „

kostet, also eine Ersparnis von rd. 60 vH eintritt.

Der Zeitgewinn ergibt sich aus der Gegenüberstellung:

1 km bei Handfahrzeugen . . . . . 3,36 h
1 km bei Ek-Betrieb . . . . 0,22 „,

mithin 93 vH Ersparnis.

Unter Zugrundelegung eines Preises der Elektrokarren von 4200 ℳ und von 800 ℳ Anschaffungskosten einer Ladestation, also insgesamt 5000 ℳ, wird in diesem Falle bei einer Jahresleistung von 2650 tkm der Wert der Anschaffung eines Wagens im Vergleich zum Handbetrieb in einem Jahre gedeckt. [B 874]

[1]) Hellmich, „Die wirtschaftliche Werkstättenflurförderung" Maschinenbau Bd. 4 (1925) S. 472

RUNDSCHAU.

Wissenschaftliche Tagungen.

Metallkunde.

Eine Reihe beachtenswerter Fortschritte auf dem Gebiete der Nichteisenmetalle und ihrer Legierungen förderte die diesjährige Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde zutage, die am 18. bis 20. Oktober in Breslau stattgefunden hat[1]).

Obering. J. Czochralski, Frankfurt a. M., behandelte in seinem Vortrag über die Metallbetriebe und ihre technisch-wissenschaftliche Entwicklung in den letzten Jahren eine Frage, die ebenso das Gebiet der Werkstoffprüfung wie das der Fertigung betraf. Er brachte in planmäßiger Ordnung Zahlen über Betriebserfahrungen, wie Schwankungen im Reinheitsgrad der in Gießereibetrieben verwendeten Metalle Kupfer, Blei, Zink, Zinn und Aluminium, ferner Ausbrandzahlen, Angaben über Gießzeiten, Metallverluste, über den Abfall beim Warmpressen usw. Die wohl zum ersten Mal in diesem Umfang freimütig mitgeteilten Unterlagen, die in Form von Schaubildern gezeigt wurden, stammten aus den Betrieben verschiedener deutscher und eines ausländischen Metallwerkes. Die Angaben, die bereits an sich als Betriebserfahrungen sehr wertvoll waren, benutzte der Vortragende, um daraus Schlüsse auf die Notwendigkeit der Verbesserung bestimmter Herstellungsverfahren zu ziehen. Hierfür empfahl er eine weitgehende Gemeinschaftsarbeit zwischen den deutschen Metallwerken, wozu er selbst mit seinem Vortrag einen begrüßenswerten ersten Schritt getan hat. Wir kommen auf den Inhalt dieser demnächst in der Zeitschrift für Metallkunde erscheinenden Arbeit noch ausführlicher zurück.

Ebenfalls unmittelbar aus dem Betriebe gegriffen war der Vortrag von Dipl.-Ing. Tama, Eberswalde, über den heutigen Stand der elektrischen Schmelzöfen für Nichteisenmetalle. Messing wird zurzeit fast nur noch elektrisch geschmolzen; dieser Betrieb ergibt entgegen der bisher üblichen Ansicht Kostenersparnisse gegenüber dem Betrieb mit Brennstofffeuerung. Sehr beachtenswert waren Mitteilungen über die Hochfrequenz-Induktionsöfen[2]), über die ebenfalls besonders zu berichten sein wird.

Die beiden Vorträge wurden nach der theoretisch-wissenschaftlichen Seite hin ergänzt durch Dr. F. Sauerwald, Breslau, der über die wissenschaftliche Erfassung einiger für das Gießen und die Warmverformung wichtiger Eigenschaften der Metalle sprach.

Den Schluß der ersten Vortragreihe bildeten die Ausführungen von Assessor H. Littauer, Berlin, über die Abhängigkeit Europas von Amerika in der Metallwirtschaft. Auf diesen Vortrag ist an der bezeichneten Stelle in den VDI-Nachrichten ausführlicher eingegangen worden.

Geheimrat Prof. Dr. F. Rinne, Leipzig, eröffnete den zweiten Tag mit einer Betrachtung „Vergleich mechanischer Umstände bei Metallen, kristallinen Salzen und amorphen Stoffen“. Bei den Bestrebungen, die Mechanik der Metalle zu ergründen, steht ein bisher noch wenig begangener Weg offen, nämlich der Analogieschluß auf Grund der Beobachtungen an durchsichtigen Stoffen, die dem Metall verwandt sind, wie z. B. die Einzelkristalle von Steinsalz, Sylvin, Kalkspat, Topas, Glas usw. In diesem Sinne sprach er über Spannungen, Fließen und Brucherscheinungen an Werkstoffen.

Die Veredelungsvorgänge in vergütbaren Aluminiumlegierungen behandelte Dr.-Ing. K. L. Meißner, Berlin. Über das Wesen der Vergütungsvorgänge in Duralumin und in den duraluminähnlichen Legierungen bestehen verschiedene Ansichten. Duralumin mit 3,5 bis 4,5 vH Kupfer, 0,5 vH Magnesium und 0,25 bis 1 vH Mangan wird auf etwa 500 °C geglüht, im Wasser abgeschreckt und darauf mehrere Tage liegen gelassen, wobei sich seine Festigkeitseigenschaften selbsttätig bedeutend erhöhen. Neben Duralumin, bei dem man dem Magnesiumgehalt den Haupteinfluß beim Zustandekommen dieser Vergütung zugeschrieben hat, sind in den letzten Jahren die vergütbaren Aluminiumlegierungen ohne Magnesiumzusatz aufgekommen, bei denen die Vergütung der Wirkung des Kupfers zugeschrieben wird.

Diese magnesiumfreien Legierungen werden ebenfalls zunächst bei hoher Temperatur geglüht und im Wasser abgeschreckt, jedoch dann nicht einfach liegen gelassen, sondern durch die sogenannte „künstliche Alterung“ veredelt; diese besteht in einer auf das Abschrecken folgenden mehrstündigen „Warmhärtung“, d. h. Anlassen der Legierungen bei mäßigen Temperaturen (etwa 100 bis 175 °C). Die Alterungsvorgänge bei diesen Legierungen hält Dr. Meißner im Gegensatz zu der Veredelung der magnesiumhaltigen bei gewöhnlicher Raumtemperatur für durchaus geklärt. Er hat in einigen Versuchen den Einfluß der künstlichen Alterung bei Temperaturen von 50 bis 200 ° und während verschiedener Zeit (16 bis 24 h) auf die Brinellhärte, Streckgrenze, Zugfestigkeit, Dehnung, Biegefähigkeit, Bildsamkeit und chemische Widerstandfähigkeit ermittelt. Er entwickelte daraus die günstigste Behandlungsweise dieser Legierungen ohne Magnesiumzusatz nach Maßgabe des gewünschten Zweckes. Seiner Ansicht nach kann man sich aus den gewonnenen Ergebnissen auch Grundbedingungen für die Schaffung neuer technisch brauchbarer Legierungen ableiten. Die Zahl der in Betracht kommenden Legierungszusätze ist jedoch verhältnismäßig gering.

Eine Beleuchtung in andrer Hinsicht erfuhren die Veredelungsvorgänge der genannten Aluminiumlegierungen durch Prof. Dr. Fränkel, Frankfurt a. M., der über die Beziehungen zwischen elektrischer Leitfähigkeit und Veredelung sprach.

Dr. R. Irmann, Breslau, erörterte das Verhalten von Aluminium bei höheren Temperaturen zu Eisen. Die Versuche betrafen die innerhalb der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde bereits seit einiger Zeit behandelte Frage der Aufnahme von Eisen durch flüssiges Aluminium, die z. B. dann von Wichtigkeit ist, wenn man zum Schmelzen von Aluminium Eisentiegel benutzen will. Dr. Irmann hat Stahl mit 0,12 vH Kohlenstoff, graues Eisen (abgedreht) und weißes Eisen (geschliffen), ferner graues Eisen mit Gußhaut untersucht, indem er die Metalle längere Zeit hindurch bei verschiedenen Temperaturen aufeinander einwirken ließ. Die Temperatur des mit diesen Eisensorten in Berührung gebrachten Aluminiums betrug 800 °C, die Versuchsdauer 1 h, die Versuchstemperaturen 800, 900 und 1000 °C. Mit steigendem Kohlenstoffgehalt des Eisens ging die Diffusion von Eisen in das Aluminium zurück. Bei Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt bis zu 1,8 vH nimmt Aluminium das Eisen bereits unter 800 ° auf. Die Aufnahme wird durch eine Eisenoxydschicht und ebenso durch eine Aluminiumoxydschicht verringert. Der Schutz dieser Schichten ist jedoch gegen Stahl sehr gering. Die Aufnahme des Eisens durch Aluminium ist stark abhängig von der Dichte des Gusses.

Eine Frage, die für unsre Kupferwalzwerke wichtig ist, behandelte Obering. Wunder, Berlin: das Einreißen amerikanischer Elektrolytkupfer-Drahtbarren beim Warmwalzen. Seit einigen Jahren sind beim Warmwalzen solcher Barren, die aus Amerika bezogen waren und zu Draht und Rundstangen in einem Walzwerk mit Spießkantkalibrierung verarbeitet wurden, Risse eingetreten. Der Walzausschuß war bei einigen Kupferwalzwerken so groß (30 vH und mehr), daß der amerikanische Werkstoff von einigen Kupferwalzwerken nicht mehr verarbeitet wird. Wunder führte auf Grund einer Gefügeuntersuchung die Ursache auf die hohe Gießtemperatur zurück, mit der man in Amerika infolge des stetig steigenden Massenbetriebes die Barren gießt. Um den Übelstand zu vermeiden, müssen daher Vorkehrungen getroffen werden, die Gießtemperatur auf ein zulässiges Maß zu erniedrigen.

Über Fortschritte auf dem Gebiete der Hochleistungslegierungen berichtete Dr.-Ing. E. H. Schulz, Essen. Er teilt u. a. die Ergebnisse seiner Versuche mit der stellitartigen Legierung Akrit mit. Die hohe Verschleißfestigkeit von Akrit hat sich besonders bei seiner Verwendung für Ziehringe zum Warmziehen von Hohlkörpern aus Stahl gezeigt. Die Ziehringe wurden dabei nach einem besondern Verfahren von E. Kamp mit Akrit bewehrt. Diese Ringe sind zwar wesentlich teurer als die sonst üblichen Hartgußringe, ihre Lebensdauer ist aber so groß, daß die Verwendung trotzdem viel wirtschaftlicher ist.

Einen Überblick über die neueren Rekristallisationsforschungen gab Prof. Dr. Hanemann, Berlin. Er berichtete über Untersuchungen, die den Zusammenhang der bei der Warmverformung aufgewendeten spezifischen Verformungsarbeit mit der durch die Warmverformung hervorgerufenen Korngröße hat. Je nach den Festigkeitseigenschaften der verformten Metalle, z. B. Kupfer, weicher und harter Stahl, sind verschiedene Verformungsarbeiten erforderlich, damit gleiche Korngrößen erhalten werden. Erstrebt man bei der Warmverformung ein feinkörniges Metall, so muß man eine bestimmte Mindestgröße von spezifischer Verformungsarbeit aufwenden. Anderseits hat eine Steigerung der Verformungsarbeit über diesen Mindestwert keine merkliche Erhöhung der Werkstoffgüte zur Folge.

Den Schluß der sehr reichen Tagesordnung machte Prof. Dr. W. Guertler, Berlin, der Vorsitzende der Gesellschaft, mit einigen Angaben über neue Silberlegierungen. Man legiert bisher reines Silber fast ausschließlich mit Kupfer in Mengen von 20 oder 7½ vH. Aber auch mit Kadmium und Zink wird es oft legiert, jedoch nur zu Goldschmiede-Lötzwecken. Merk-

[1]) Vergl. den allgemeinen Bericht in den VDI-Nachrichten vom 21. Oktober 1925.

[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1470.

würdigerweise ist nun gerade Kupfer das am wenigsten geeignete Zusatzmetall zu Silber, sowohl hinsichtlich der Gefügebildung als auch wegen der Farbe des so legierten Silbers und seiner chemischen Angreifbarkeit.

Guertler befürwortete auf Grund von Versuchen Mangan, Aluminium und Zinn als Zusätze, ferner Zink, Kadmium und schließlich Magnesium, das ein ganz vorzüglicher Härtner ist. Bei einem Gehalt von 7 vH Magnesium erhält man eine Legierung von der dreifachen Härte des Silbers. Es ist dem Redner gelungen, auf ähnliche Weise Legierungen zu schaffen, aus denen man Messerklingen schmieden kann, die wie Stahlmesser schneiden und doch als echt Silber zu bezeichnen sind. Die Farbe dieser Legierungen ist durchaus silberweiß. Guertler befürwortete, daß die amtliche Bestimmung des Begriffes „echt Silber" auf der Grundlage neuzeitlicher Metallforschung abgeändert wird. Nicht die zahlenmäßige Höhe des Zusatzes ist entscheidend, sondern die chemische Beständigkeit der Legierung. [N 1183] Gr.

Werkstoffprüfung.

Ein neues Verfahren zur Prüfung feuerfester Stoffe durch Anfärben.

Verfahren, durch Färbstoffe einzelne Werkstoffe, die in der Keramik gebräuchlich sind, anzufärben und so voneinander zu unterscheiden, sind schon länger bekannt. Doch ist es bisher noch nicht gelungen, in gebranntem Zustand die Quarze und Aluminiumsilikate durch Anfärbung voneinander zu trennen. Steinhoff und Hartmann[1]) geben nun ein Verfahren an, das durch Methylenblau und Anthrapurpurinfärbung ein Trennen der einzelnen Stoffe ermöglicht. Durch Anthrapurpurin werden z. B. die Kalkeinsprengungen gut angefärbt, während die Quarz- und Silikatbeimengungen ungefärbt bleiben.

Die Methylenblaufärbung erstreckt sich nach den genannten Verfassern auf angeätzte Schichten, die sich um die bestimmten Körner des Stoffes bilden. Wenn man konzentrierte Salzsäure mit einem Gehalt an Aluminiumchlorid auf die Oberfläche des zu behandelnden Steines einwirken läßt, wird sich um leicht durch Salzsäure zersetzbare Aluminiumsilikate eine Gelhaut bilden, indem die Aluminiumionen der Salzsäurelösung sich mit den gelösten Bestandteilen verbinden. Je intensiver die Löslichkeit des betreffenden Silikates ist, desto stärker wird die Gelschicht. Je stärker die Gelschicht, desto mehr Farbstoff wird adsorbiert. Wenn wir also eine so angeätzte Schicht mit Methylenblau, das sich für diese Zwecke am besten eignet, behandeln, wird die Anfärbung je nach dem Grade der Salzsäurelöslichkeit und der dadurch gebildeten Gelschicht in der Tiefe der Färbung die

[1]) Vergl. „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 337.

Zahlentafel 1. Anfärbung von Ton und Quarz, vermengt und geglüht.

Nach Glühen bei °C	Ton	Quarz
1000	tiefblau	farblos
1100	hellblau	farblos
1200	schwacher blauer Schein	meist ungefärbt, einige Körner sich anfärbend, Beginn der Quarzumwandlung
1300	gelb	Außenschicht der Quarzkörner bereits umgewandelt, Kern vielfach farblos, also nicht umgewandelt
1500	rein weiß	vollkommen umgewandelt und hellblau

deutliche Unterscheidung der einzelnen Stoffe in den feuerfesten Steinen ergeben. Tone werden im ungebrannten Zustand leicht angefärbt. Im gebrannten Zustand bilden sich von 900 °C an im Ton Alumosilikate und Kieselsäuremodifikationen, die keine Salzsäurelöslichkeit haben und so auch ohne Ätzung die Färbung verhindern. Quarz, der durch Methylenblau ohne Ätzung nicht angefärbt wird und auch von der Ätzung unberührt bleibt, wird im ungebrannten Zustand keinerlei Anfärbung zeigen. Anders wird er sich nach dem Brennen verhalten. Dann wird in die durch seine Umwandlung entstandenen Risse der Farbstoff eindringen und durch die Oberflächenkräfte gebunden werden. Die Anthrapurpurinfärbung dagegen ist eine Bildung eines stark gefärbten Farblacks durch die Bindung von Metalloxyd, hier Kalziumoxyd, an die in Orthostellung stehenden Phenolhydroxydgruppen.

Die Farbstoffe, die hier verwendet werden können, müssen eine gewisse Säurebeständigkeit haben, da bei diesem Verfahren selbst nach gutem Waschen der Probe immer noch etwas Säure an der Oberfläche haften wird.

Die Ätzung in der mit Aluminiumchlorid versehenen Salzsäure (hergestellt durch Lösen metallischen Aluminiums in Salzsäure bis zum Aufhören der Wasserstoffentwicklung) dauerte ungefähr 2 bis 4 h. Bei der makroskopischen Schnellfärbung zur Unterrichtung über Menge und Verteilung bestimmter Steinbestandteile genügt sogar ein kurzes Aufkochen und dann ein Belassen des vorbehandelten Steins in der Methylenblaulösung rd. ½ h. Nach vorsichtigem Wässern sind deutliche Anfärbungen zu bemerken, die jedoch nach einiger Zeit verblassen. Bei der makro-

Zahlentafel 2. Mit Methylenblau hervorgerufene Färbungen an verschiedenen Stoffen.

		geglüht					
		unter 1000 °C	bei 1000 °C	bei 1100 °C	bei 1200 °C	bei 1300 °C	bei 1500 °C
Ton	makroskopisch	tiefblau	tiefblau	hellblau	fast farblos	farblos	farblos
Ton	mikroskopisch	nur tiefblaue Modifikation	zwei Modifikationen, weniger farbloser neben viel tiefblauem Ton	Überwiegen der farblosen Modifikation	fast ausschließlich farblos	farblos	farblos
Quarz	makroskopisch	farblos	farblos	farblos	Auftreten himmelblau matter Stellen	Zunahme des himmelblauen, umgewandelten Quarzes	fast nur umgewandelter Quarz
Quarz	mikroskopisch	farblos	farblos	farblos	mattblaue Partien	Zunahme des himmelblauen, umgewandelten Quarzes	fast nur umgewandelter Quarz
Ton-Kalk-Kontakt	—	—	tiefblau	tiefblau	tiefblau	tiefblau	tiefblau
Ton-Magnesia-Kontakt	—	—	tiefblau	tiefblau	tiefblau	tiefblau	tiefblau
Ton-Eisenoxyd-Kontakt	—	—	gelbe bis braunschwarze Kontakthöfe, keine Anfärbung	farblos	farblos	farblos	farblos
Quarz-Ton-Kontakt	bei Abwesenheit von Flußmitteln keine Färbung						blaue Kontaktränder
Quarz-Eisenoxyd-Kontakt	keine Färbungen						

skopischen Dauerfärbung wird der Stoff 24 h bei 50 bis 60 °C geätzt. Um die gebildeten Gelhäutchen nicht zu verletzen, wird die Salzsäure mit dem Heber vorsichtig von der Probe entfernt, die dann nach kurzem Spülen mit Wasser mehrere Stunden in konzentrierte Methylenblaulösung gelegt wird. Für die mikroskopische Färbung wird die Probe 10 h geätzt und 24 h in konzentrierter Farbstofflösung gelassen.

Steinhoff und Hartmann haben nun eine Reihe von Tonen, Quarzen und Quarziten nach Erhitzung auf bestimmte Temperaturen untersucht, Zahlentafel 1 und 2. Sie kommen auf Grund der Ergebnisse zu dem Schluß, daß es möglich ist, Feststellungen zu machen über Brenntemperatur gebrannter Tone und deren Durchsetzung mit unerwünschten Beimengungen, über Brenntemperatur von Schamottesteinen, Vorkommen und Verteilung von Quarz und örtlichen kalk- und magnesiareichen Schmelzen, ferner Umwandlungsgrad der Quarzmagerung, über Anwesenheit und Lagerung von dünnen Kaolinschichten in Quarziten und über Fortschreiten und Art der Umwandlung sowie über den Stand der Quarzumwandlung bei Silikasteinen sowie über den der Silikatschmelzen. [N 507] E. P. Bauer †.

Aus dem Ausland.

Eisenbahnwesen.

Amerikanische Diesellokomotive.

Auch in den Vereinigten Staaten ist jetzt eine Groß-Diesellokomotive von 1000 PS von Baldwin gebaut worden[1]), Abb. 1. Das Fahrzeug hat die Achsfolge 1 A A + A A 1 und Drehgestelle mit elektrischem Antrieb. Die Lokomotive ist von der Knudson Motor Co. geliefert und besteht aus zwei sechszylindrigen Zweitakt-Dieselmotoren, deren Zylinder aber paarweise zusammengehören, weil der eine die Spül-, der andre die Auslaßschlitze enthält. Zum Spülen dient ein Schleudergebläse. Die Kühler stehen an den Lokomotivenden; der Lüfter des einen wird unmittelbar mechanisch, der des andern elektrisch angetrieben. Die Motoren laufen in der Regel mit 450 Uml/min und treiben zusammen über Zahnräder eine Dynamomaschine, die 1200 Uml./min macht. Die vier von Westinghouse gelieferten Elektromotoren der für Straßenbahnen üblichen Bauart sind mit dem Stromerzeuger nach der Ward-Leonard-Schaltung verbunden.

Die Längsträger sind, wie Abb. 2 zeigt, aus Stahl gegossen. Sie sind natürlich ziemlich schwer im Gegensatz zu dem leichten, von den Achsen unmittelbar gestützten Blechrahmen der für Rußland gebauten Diesellokomotive[2]). In der Leistung auf 1 t Gewicht kommt das zum Ausdruck. Bemerkenswert ist die Abfederung der Drehgestelle. Auf jeder Achsbüchse liegen zwei Tragfedern beiderseits des Barrenrahmens auf; kleine Querhebel sichern gleiche Belastung. Die Bauhöhe ist auf diese Weise viel geringer als bei der üblichen Anordnung über dem Barrenrahmen.

Zum Vergleich sind in Zahlentafel 3 die Hauptmaße der Diesellokomotiven nach amerikanischem und deutschem Entwurf angeführt.

[M 1065] F. Meineke.

Zahlentafel 3. Gegenüberstellung der neuen amerikanischen und der für Rußland gebauten dieselelektrischen Lokomotive.

Entwurf Bahn	amerikanisch Reading	deutsch Russ. Staatsbahn
Achsanordnung	1 A A + A A 1	1 A A A A A 1
Dieselmotoren, Zahl	2	1
Arbeitsweise	Zweitakt	Viertakt
Zyl.-Dmr. . . . mm	247	450
Kolbenhub . . . mm	342	420
Drehzahl . . . Uml./min	450	450
Stromart	Gleichstrom	Gleichstrom
Höchste Spannung . . . V	750	1000
Brennstoffvorrat . . . m³	3,4	6,0
Gewicht im Dienst . . . t	125	118,3
„ auf den Treibachsen . t	82	87,5
Leistung N_r am Radumfang . PS	1000	1100
$N_r : G_{Ld}$	8,0	9,3

Abb. 1. Ansicht der 1000 PS-Diesellokomotive von Baldwin.

Neue Achsanordnungen bei Lokomotiven.

Die immer größer werdenden Rostflächen bedingen bei 2 C 1-, 2 D 1- und ähnlichen Lokomotiven für die hintere Laufachse häufig einen größeren Achsdruck als den des vorderen zweiachsigen Drehgestells, trotz der meist recht gezwungen ausgeführten Stehkesselvorderwand. So weist z. B. die neueste 2 C 1-Lokomotive der Readingbahn bei 8,8 m² Rostfläche einen Achsdruck von 23,2 t für das Drehgestell und 27,1 t für die hintere Laufachse auf.

Ähnlich ungünstig liegen die Verhältnisse auch bei den Lokomotiven mit vorderer und hinterer Laufachse, z. B. bei 1 D 1-, 1 E 1- usw. Lokomotiven.

Da man aber den Wirkungsgrad des Kessels zu verbessern das Bestreben hat, die meist außerordentlich hoch beanspruchten Rostflächen der Lokomotiven zu vergrößern, so haben die Lima Locomotive Works im Ausbau des von Gölsdorf bereits 1911 bei seinen 1 C 2-Lokomotiven (Serie 310 der Österreichischen Staatsbahn) ausgeführten Gedankens eine 1 D 2-Lokomotive für die Boston — Albany-Bahn gebaut. Das hintere Drehgestell gestattet eine ungezwungene Ausbildung des Stehkessels in Verbindung mit einer großen Rostfläche, die im vorliegenden Falle 10 m² beträgt. Diese Lokomotive weist dabei noch die besondere Eigentümlichkeit auf, daß der Lokomotivhauptrahmen vor dem hinteren Drehgestell aufhört und dieses Drehgestell sozusagen als besonderes Fahrzeug an die Lokomotive angehängt ist. An der hinteren Achse des Drehgestells sitzt eine Zusatzmaschine. Die Versuchsfahrten mit

Abb. 2. Anordnung des Dieselmotors auf den Längsträgern.

[1]) „Railway Age" Bd. 79 (1925) Nr. 15 S. 645.
[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 941, Bd. 69 (1925) S. 1321 u. 1387.

Abb. 3 und 4. 1 E + E 1 Güterzuglokomotive der Virginiabahn.

Abb. 4.

dieser Lokomotive sind so befriedigend ausgefallen, daß die New York Central-Bahn, deren Verwaltung auch die Boston- und Albany-Bahn untersteht, 25 weitere Lokomotiven gleicher Bauart bei den Lima Locomotive Works nachbestellt hat.

Von den gleichen Erwägungen ausgehend, hat nunmehr die Texas- und Pacific-Bahn zehn Lokomotiven mit der Achsanordnung 1 E 2 bei den Lima Locomotive Works bestellt. Diese Bauart soll das Kennwort „Texas-Type" erhalten. Bei dieser Lokomotive wird das Drehgestell auf der hinteren Achse ebenfalls eine Zusatzmaschine erhalten. Auch hiermit scheint die Ausbildung der Dampflokomotiven mit parallel gekuppelten Achsen noch nicht abgeschlossen zu sein, denn die Union Pacific-Bahn beabsichtigt bereits die Beschaffung von dreizylindrigen 2 F 1-Lokomotiven.

Der Gedanke, das hintere Drehgestell zur Unterstützung einer großen Feuerbüchse zu benutzen, faßt auch in England Fuß. Entwürfe von 2 D 2-Schnellzuglokomotiven mit Tender werden veröffentlicht, für die man die Bezeichnung „Westminster-Type" vorgesehen hat. Tenderlokomotiven mit der Achsanordnung 2 D 2 sind bereits seit 1912 bei der irischen Londonderry and Lough Swilly-Bahn (Spur 914 mm), seit 1913 bei der Spanischen Nordbahn (Spur 1670 mm) und seit 1923 bei der Nitrate-Bahn in Chile (Spur 1435 mm) im Betrieb.

Für die kürzlich in dieser Zeitschrift[1]) beschriebene 2 E 1-Lokomotive wird inzwischen von amerikanischer Seite die Bezeichnung „Sierra-Type", für die oben erwähnte 1 D 2-Lokomotive „Berkshire-Type", in Anlehnung an die Bezirke, in denen diese Bauarten Verwendung finden, vorgeschlagen.

Es ergeben sich dann also die folgenden neuen Gattungsbezeichnungen:

1 D 2 = Berkshire-Type
2 D 2 = Westminster-Type
1 E 2 = Texas-Type
2 E 1 = Sierra-Type.

(„Railway Age" Bd. 78 (1925) S. 1077 und Bd. 79 (1925) S. 476, „Railway Gazette" (1925) S. 742, „Railway Engineering" (1925) S. 129.)
[N 927] **Metzeltin.**

Die schwerste Dampflokomotive der Welt[2]).

Die in Abb. 3 und 4 dargestellte 1 E + E 1-Güterzuglokomotive ist gegenwärtig die schwerste Dampflokomotive der Welt. Sie verkehrt auf der Virginiabahn, die schon seit längerer Zeit den Ruhm hat, die jeweils schwersten Lokomotiven[3]) zu besitzen. Die Hauptkennzahlen der neuen, bei der American Locomotive Co., Schenectady, in Verbundanordnung gebauten Lokomotive sind folgende:

Lokomotive:	
Zyl.-Dmr.	762/1220 mm
Hub	813 „
Triebrad-Dmr.	1422 „
Gesamtachsstand	19583 „
Rostfläche	rd. 10 m²
Kesseldruck	„ 15 at
Gesamtheizfläche	„ 996 m²
Reibungsgewicht	275 t
Dienstgewicht	310 „

Tender:	
Wasservorrat	49 m³
Kohlen	12 t
Dienstgewicht	97,4 t

Lokomotive und Tender:	
Gesamtachsstand	29 564 mm
Gesamtdienstgewicht	407,4 t

Die Lokomotive hat selbsttätige Befeuerung[4]).
[M 809] **M. Buhle.**

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 904.
[2]) Locomotive Cyclopedia 7. Aufl. (1925) S. 157.
[3]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 904; Sonderheft „Eisenbahnwesen" der Z. S. 75 Abb. 4.
[4]) Vergl. Glasers Annalen Bd. 97 (1925, II) S. 13) ff.

Schiffs- und Seewesen.

Eintreten der Kavitation bei Schiffsschrauben.

Wie Probefahrtergebnisse amerikanischer Torpedoboote erkennen lassen, tritt Hohlraumbildung bei Schiffsschrauben ein, wenn das Produkt aus Umlaufzahl und Schraubensteigung rd. 16 m/s beträgt. Eine Erklärung für diese Erscheinung gibt die Tatsache, daß ein Wassertropfen beim Fall aus der dem Luftdruck entsprechenden Barometerhöhe H_b von 10,30 m am Erdboden die Geschwindigkeit $v = \sqrt{2\,g\,H_b} = 14{,}2$ m/s erreicht. Auf den Einfluß der Flügelblattbreite, des Abstandes der Schraubenachse vom Wasserspiegel und des Steigungsverhältnisses werden wir später ausführlicher zurückkommen. [N 1199] Dr. W. Schmidt.

Werkstoffe.

Die Filtration des Gußeisens.

In dem Vorwort zu seiner Schrift über den „Brunelli-Prozeß" behandelt C. Brunelli[5]) ein von ihm angegebenes Verfahren zum Vermeiden von Verunreinigungen, Oxydation, Gasabscheidungen und Lunkerungen beim Vergießen von Gußeisenformen.

Die Ursachen fehlerhafter Gußstücke werden hervorgerufen durch: a) schon im Kuppelofen vorhandene Verunreinigungen, b) Eintritt dieser Verunreinigungen in die Form infolge falscher Anordnung der Eingüsse, c) Vernachlässigung der Ausdehnungs- und Schwindungsverhältnisse des Gußeisens, die leicht durch zu starke Windpfeifen, Steiger und Einläufe in ihren Auswirkungen behindert werden, d) Verbindung des Innern der Form mit der Außenluft, e) schädliche Verteilung der vorhandenen Eisenwärme, f) falsche Beurteilung der Gründe, die zu verschiedenen Gußfehlern führen.

Brunelli ist der Ansicht, daß man die meisten dieser Ursachen durch Benutzung sogenannter Gießfilter wirksam unschädlich machen könne, und empfiehlt, man solle in jeder Form die Steiger vermeiden und auch sonst dafür sorgen, daß das Innere der Form keine Verbindung mit der Außenluft bekomme. Das Gießsieb (wohl aus Kernsand oder Lehm hergestellt, getrocknet und geschwärzt?) müsse mit Beginn des Ausgießens der Form sozusagen als Luftabschluß der Form wirken, ohne daß es etwa ein schnelles Einfließen des flüssigen Eisens behindern dürfe.

Durch geeignete Auswahl der Schmelzstoffe lasse sich der Grad der unter a) aufgeführten Verunreinigungen sehr gering halten, wenn man sachgemäß gichte und für gute Instandhaltung des Ofenfutters sorge, auch auf gewissenhafte Beseitigung der entstehenden Schmelzschlacke bedacht sei. Das Eisenbad dürfe nie der schützenden Schlackendecke entbehren, da es sonst durch den Wind starken Oxydationseinflüssen unterworfen werde; übrigens ist dies nicht das einzige Mittel. Ein ebenso guter Schutz könne durch eine ausreichende Füllkoksschicht zwischen Eisenbadoberfläche und Winddüsen erzielt werden. Besonders schädlich seien aus der Schlacke mit in das Gußstück gelangende kieselige Einschlüsse, die sich durch kleine bläulich-weiße Flämmchen an der Eisenoberfläche in der Gießpfanne erkennen ließen. Die Einschlüsse gelangen beim Gießen leicht mit in die Form und geben besonders in den oberen Teilen der Abgüsse Veranlassung zu schwammigen porösen Stellen. Als Mittel zum Abscheiden dieser Einschlüsse wird die Ronceraysche Kuppelofenabflußrinne empfohlen. Sie hat eine sackartige Vertiefung, in der das auslaufende Eisen durch eine feuerfeste Wand gestaut wird, die im unteren Teil eine genügend große Durchflußöffnung hat. Es gebe aber bisher kein Mittel, um den Eintritt silizium- und schwefelhaltiger Gase in das Eisen zu verhüten. Ihr Ausscheiden könne nur durch gänzlichen Abschluß des flüssigen Eisens von der atmosphärischen Luft auf dem Wege von der Pfanne in die Form mit Hilfe richtig bemessener Gießfilter erreicht werden.

Brunelli hält das übliche Verfahren, wonach man diese Gase durch schwache Steiger mit dem nach Vollaufen der Form ausfließenden Eisen beseitigen und durch starke Steiger ein Nach-

[5]) Foundry Trade J. Bd. 30 (1924) S. 283, „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 147.

füllen der Form erreichen will, für falsch. Eine luftdicht abgeschlossene Flüssigkeit übe unzweifelhaft einen ihrer Höhe entsprechenden Druck aus, während ein freies flüssiges Metall eine atomische Energie entwickle, durch die die Beweglichkeit der Wärmeeinheiten bis zum Ende des flüssigen Zustandes erhalten werde. Wenn ein starker Steiger eher erkalte wie das Gußstück, sei er nutzlos; bleibe er dagegen ebenso lange flüssig, so finde ein Wärmeaustausch statt, der für den Abguß belanglos sei. Bleibe aber das Eisen im Steiger länger flüssig, so schade dies dem Abguß, da ein Teil der atomischen Energie, der bei rechtzeitiger Erstarrung dem Abgusse zugute komme, vom später zur Ruhe kommenden Steiger verbraucht werde. Dieser Ansicht kann man wohl kaum folgen, sie widerspricht allen praktischen Erfahrungen, die bisher mit Steigern und verlorenen Köpfen gemacht wurden. Es wäre interessant, zu wissen, wie Brunelli ein größeres Gußstück mit wechselnder Wanddicke ohne Steiger, die nach seiner Auffassung schädlich sind, porenfrei gießen will.

Weiter wird ausgeführt, daß die in der Gießform eingeschlossene Luftmenge gegenüber der Menge des einströmenden Eisens sehr gering sei. Bliebe sie eingeschlossen, so daß sie sich während des Gießens nicht erneuern könne, so genüge schon ein winziger Bruchteil des Eisens, um ihr den Sauerstoff zu entziehen. Es bleibe dann nur der Stickstoff zurück. Dessen Menge sei aber wiederum so gering, daß der Formhohlraum sozusagen nahezu luftleer sei, in den dann das Eisen unter vollem Atmosphärendruck eintrete. Auch diese Ansicht kann man nach den Erfahrungen der Praxis nicht gelten lassen, schon deshalb nicht, weil sie gar keine Rücksicht auf den Formstoff nimmt. Bei Vorhandensein von Steigern, so wird weiter gesagt, bestehe eine Verbindung des Forminnern mit der Außenluft, das Bestreben der Gase, aus dem Eisen zu entweichen, sei in diesem Falle weniger mächtig, weil ihm durch die Steiger der atmosphärische Druck entgegenwirke. Als Folge ergäbe sich eine weniger gute Entgasung und schädliche Oxydationswirkungen, da sich die Luft während des Gießens vielfach erneuere. Als Beispiel wird die Form einer Herdgußplatte angeführt, auf deren Oberseite sich Blasen bilden, die in Vergleich zu einer geschlossenen Form mit Steigern gesetzt wird, zwei Dinge, die man wohl gar nicht vergleichen kann. Daher erscheinen auch die an das Verhalten beider Formarten geknüpften Folgerungen nicht ganz berechtigt.

Bei Kugelabgüssen von verschiedenem Durchmesser sollen stärkere Steiger stets schlechtere Ergebnisse gezeitigt haben. Oft zeigte sich unterhalb des Steigers eine Blase, deren Durchmesser mit zunehmendem Steigerdurchmesser größer wurde. Daraus wird geschlossen, daß die Gefahr des nachteiligen Einflusses von Luft auf den flüssigen Forminhalt um so größer sei, je ungehemmter die Luft entweichen könne.

Schwache Steiger werden an den Stellen für zulässig angesehen, wo infolge der geringen Querschnittdicke eine so schnelle Erstarrung eintritt, daß dort der Vorteil der Ausdehnung des flüssigen Eisens nicht ausgenutzt werden kann, ferner z. B. auf der Nabe eines Rades, und zwar in der Nähe des Eingusses, um die im Einguß selbst befindlichen Gase entweichen zu lassen. Indessen dürfe kein Steigerdurchmesser größer als 9 mm sein, was nicht recht einzusehen ist, da bei größeren Formen auch stärkere Steiger gesetzt werden müssen.

Zustimmen kann man dem Hinweis, daß die Anordnungen der Eingüsse und etwaiger Steiger mit Rücksicht auf bestmögliche Wärmeverteilung in der gefüllten Form zu wählen sind, wobei zu beachten ist, daß das Eisen in der Nähe des Eingusses immer eine höhere Temperatur hat als an entfernteren Stellen; denn dort wird während des Gießens immer neues heißestes Eisen zugeführt. Wird der Einguß an eine Stelle gesetzt, deren Querschnitt viel größer ist als der der benachbarten Formteile, so tritt ein Festhalten und Aufspeichern der Wärme gerade dort ein, wo sie im Verhältnis zu den andern Teilen der Form sowieso schon zu groß ist. Wird z. B. ein schwerer Block von der oberen Mitte aus gegossen, so ergibt sich in seinem Innern eine sehr erhebliche Wärmeanreicherung auf Kosten der Wärmewirkungen in der Nähe des Umfanges. Wird aber das Eisen durch schmale Kanäle rings um die Außenwand verteilt, so wird die Wärme von der Mitte abgehalten und der Wärmeausgleich wird gleichmäßiger sein.

Als weiteres Beispiel wird das Gießen eines Lokomotivrades angeführt, bei dem sich die größte Wärmemenge am Grunde von Nabe und Ausgleichgewicht sammle. Gieße man von der Nabe aus, so werde die Wärme veranlaßt, sich bis zur Beendigung des Gießens an einer Stelle anzusammeln, die infolge ihrer Massenwirkung ohnehin auch bei jeder andern Eingußlage bis zum Ende des Gießens am wärmsten sei. So sammle sich aber die Wärme in der Nähe auf Kosten des am Kranz auftretenden Wärmebedarfes, wo infolgedessen Spannungen entstehen, während die Nabe ein verhältnismäßig lockeres Gefüge bekomme. Werde aber unter Benutzung eines Filters vom Kranz aus gegossen, so bleibe dieser infolge der stetigen Erneuerung seines Eiseninhaltes während des Gießens wärmer und Nabe nebst Gegengewicht erhalte kälteres Eisen. Es finde also auf diese Weise ein besserer Wärmeausgleich statt.

Bei dem Gießen von unten würden zwar Unreinigkeiten nach oben ausgeschieden, indessen bringe es das kostspielige Entfernen starker Eingüsse und rufe während des Gießens eine starke ununterbrochene Luftströmung hervor, die nachteilig auf die Güte des Erzeugnisses wirke. Ferner bewirke es eine falsche Wärmeverteilung, die zum Nachfüllen von frischem Eisen nach beendigtem Gießen nötige. Nachpumpen veranlasse häufig ein Verdrängen der Lunkerstellen aus dem Steiger in tiefer gelegene Teile des Gußstücks.

Walzen würden am besten, wenn man ihre Formen von oben mittels Gießfilter ausgieße.

Hohl- und Vollguß zylindrischer Gestalt könne auch bei wagerechtem Guß dicht und sauber werden, wenn mit Gießfilter gegossen und Außenluft abgeschlossen wird. Auch zur Vermeidung des Schülpens sollte man Außenluft vom Forminnern fernhalten.

Sicher verdient der Vorschlag, mit Filtern zu gießen, Beachtung. Das Filter erleichtert das Vollhalten des Eisengußtümpels, trägt zur Reinigung des Eisens von Schlackenteilen bei und verhindert infolge der Strahlzerteilung ein hartes Aufschlagen und Verspritzen des Eisens auf dem Formboden, so daß sich keine der Oxydationswirkung sehr zugänglichen, sogenannten Spritzkugeln bilden. So kann man in vielen Fällen die Vorteile des Gießens von oben ausnutzen, wo es ohne Filter nicht möglich ist.

Übrigens ist das Gießen mit Siebfilter in geschlossene Formen in Amerika seit über zehn Jahren bekannt, es kann also von einer „Erfindung" Brunellis nicht gesprochen werden. Neu ist indessen seine theoretische Begründung des Verfahrens, der man indessen durchaus nicht in allen Teilen beitreten kann. Besonders ist die Annahme unhaltbar, daß bei geschlossener Form das Eisen den Sauerstoff restlos aufnimmt und so ein nahezu luftleerer Raum entsteht, zumal dem der Vorschlag widerspricht, man solle durch recht enge Steiger dafür sorgen, daß die Luft unter beträchtlichem Druck entweiche. Auch die Theorie von der Wärmewanderung innerhalb des flüssigen Eisens infolge atomischer Energie erscheint etwas reichlich kühn und bisher nicht bewiesen.

Obschon also die Brunellischen Ausführungen jedenfalls mit Vorsicht aufzunehmen sind, sind sie beachtenswert, mit Rücksicht auf die Anregungen hinsichtlich der Verwendung der sogenannten Gießfilter. [N 606] Lohse.

Technische Physik.

Thermodynamische Gleichungen für schweflige Säure.

Durch geschickte Verwertung wohl des gesamten bekannten Versuchstoffes ist D. L. Fiske[1]) zu einer neuen Zustandsgleichung für schweflige Säure gelangt. Diese lautet (auf metrisches Maß übertragen)

$$v - v' = 13{,}24 \frac{T}{P} + (1 - 0{,}01566\, P^{0,6}) \frac{1{,}038 \cdot 10^{17}}{T^8} \quad . \; . \; (1);$$

v' bedeutet das spezifische Volumen der Flüssigkeit beim Druck P und Sättigungstemperatur, praktisch konst. = 0,0007 m³/kg, P ist in kg/m² einzusetzen. Gl. (1) ist dadurch bemerkenswert, daß

[1]) „Refrigerating Engineering" Bd. 10 (1923) S. 197 und Bd. 11 (1924) S. 235. Ein ausführlicher Bericht soll in der Zeitschr. f. d. ges. Kälteindustrie erscheinen.

Abb. 5 und 6. c_p-Isobaren und -Isothermen für schweflige Säure berechnet auf Grund der Zustandsgleichung von Fiske.

erstmalig versucht wird, die Abhängigkeit des Berichtigungsgliedes vom Druck (nicht nur von der Temperatur) auszudrücken. Die Festwerte wurden bestimmt auf Grund der Messungen der Sättigungsvolumina nach Cailletet und Mathias[1]) und einer Bestimmung des „Normalvolumens" bei 1,0333 at und 0 °[2]).

Eine außerordentlich scharfe Probe für die Genauigkeit der Zustandsgleichung ist die Berechnung der spezifischen Wärme aus v nach $\left(\frac{\partial c_p}{\partial P}\right)_T = -A\,T\left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}\right)_P$.

Mit [3])

$$c_{p_0} = 0{,}1093 + 2 \cdot 10^{-4}\,T - 9{,}4 \cdot 10^{-8}\,T^2$$

ergibt sich

$$c_p = c_{p_0} + \frac{10^{14}}{T^9}\,(1{,}72\,P^{1,6} - 176\,P) \quad . \; . \; . \; . \; . \; (2).$$

Die sich hiernach ergebenden Werte von c_p sind in Abb. 5 und 6 aufgetragen und stellen c_p erstmalig befriedigend dar. Damit ist rechnerisch die dritte Bestätigung der Jakobschen Voraussage[4]) über den Verlauf von c_p gefunden, nach der c_p für Dämpfe wegen der Bildung von Mehrfachmolekülen in der Nähe der Sättigung ansteigen soll.

Mit den üblichen Gleichungen ergibt sich schließlich für den Wärmeinhalt

$$i = 55{,}67 + 0{,}1093\,T + 10^{-4}\,T^2 - 3{,}13 \cdot 10^{-8}\,T^3 - \frac{10^{13}}{T^8}\,(2{,}15\,P^{1,6} - 219\,P) + \frac{P\,v'}{427}$$

und die Entropie

$$s = 0{,}1093\,T + 2 \cdot 10^{-4}\,T - 4{,}7 \cdot 10^{-8}\,T^2 - 0{,}031\,015 \ln P - \frac{10^{13}}{T^9}\,(1{,}91\,P^{1,6} - 195\,P) - 0{,}026\,65.$$

Die Gleichungen sind mit Rücksicht auf den Vorzeichenwechsel des Berichtigungsgliedes unterhalb etwa 0,5 at als ungenau zu betrachten, im übrigen scheinen sie das praktisch wesentliche Gebiet mit der erforderlichen Genauigkeit darzustellen. [M 1015]

Berlin. Dr.-Ing. Rudolf Landsberg.

[1]) (nach Fiske:) Comptes rendus Bd. 104 (1887) S. 1563.

[2]) (nach Fiske:) Guye, Chem. Ztg. Bd. 36 S. 402; Scheuer, desgl. Bd. 36 S. 394.

[3]) (nach Fiske:) Fürstenau, Ber. phys. Ges. Bd. 6 (1908) S. 968, Bd. 7 (1909) S. 137.

[4]) Knoblauch und Jakob, Forschungsarb. Heft 35/36 S. 139, 151 — Nach diesen Messungen folgte als zweite Bestätigung die Messung von c_p für Ammoniak, vergl. Jakob, Z. Bd. 67 (1923) S. 349, ferner Jakob, Z. Bd. 68 (1924), S. 317, Landsberg, Zeitschr. f. d. ges. Kälteindustrie Bd. 31 (1924) S. 80.

Kleine Mitteilungen.

Geschweißte Kurbelwellen.

Das Bestreben, die teure Arbeit, die die Herstellung einer Kurbelwelle als Gesenkschmiedestück erfordert, zu vermeiden, hat in Amerika zu Versuchen geführt, die einzelnen Teile getrennt herzustellen und mittels elektrischer Stumpfschweißung miteinander zu verbinden. Bei einer sechsfach gekröpften Kurbelwelle von rd. 2 m Länge wurde zunächst jede einzelne Kröpfung für sich im Gesenk geschmiedet, so daß also vorher sechs Teile herzustellen waren, von denen drei genau miteinander übereinstimmten. Nachdem die Pleuellager fertig bearbeitet waren, wurden die einzelnen Teile zusammengeschweißt und nunmehr die Fertigbearbeitung, besonders das Drehen der Enden, vorgenommen. („Machinery" November 1925 S. 222*.) [N 1196 a] Hä.

Messing hoher Festigkeit.

Auf dem französisch-belgischen Gießereikongreß berichtete M. Thibaud über Messing der Zusammensetzung 60/40, das durch Zusätze von Aluminium, Mangan, Eisen und Nickel wesentlich verbessert wurde. Die Steigerung der Festigkeit soll besonders durch den Zusatz von Aluminium hervorgerufen worden sein, jedoch sind höhere Gehalte als 2 vH von jedem der vier Bestandteile ungünstig. Nickel, Mangan und Eisen werden in Form von Zwischenlegierungen mit Kupfer zugesetzt. Aus den angegebenen Festigkeitswerten sei besonders erwähnt die Zugfestigkeit von 66 bis 69 kg/mm² bei 20 bis 25 vH Dehnung für Messing der Zusammensetzung 56 vH Cu, 36,5 vH Zn, 1,5 vH Mn, 1,5 vH Fe, 1,5 vH Al und 3 vH Ni. Die geringste Dehnung von 5 bis 6 vH bei 29 bis 32 kg/mm² Zugfestigkeit hatte ein Messing von 50 vH Cu, 46 vH Zn, 1 vH Mn, 1 vH Fe, 0,6 vH Al. Diese Messingsorten sind bei uns als „Sondermessing" bekannt. („Metal Industry" November 1925 S. 434/35.) [N 1196 b] Wf.

Lokomotiv-Ausbesserwerk.

In amerikanischen Zeitschriften wurde kürzlich die neue Werkstätte zur Instandsetzung der Lokomotiven der Georgia-Eisenbahn in Columbus (Ga.) beschrieben. Das Werk hat jährlich rd. 135 Lokomotiven auszubessern. Von einer Drehscheibe von rd. 30 m Dmr. gehen die Gleise zu den sechzehn Lokomotivständen. Die Halle bildet einen Kreisringausschnitt von 90 m äußerem und 50 m innerem Durchmesser mit einem Spitzenwinkel von rd. 130 °. Der Bau ist vollkommen in Beton ausgeführt. Ein Laufkran von 10 t Tragfähigkeit ist auf einer gekrümmten Laufbahn über sämtliche Lokomotivstände hinweg beweglich. Die Lokomotivstände sind so groß, daß auch die schweren 1 C + C 1 - Mallet-Lokomotiven ausgebessert werden können. („American Machinist" 28. November 1925 S. 665*.) [N 1196 c] Hä.

Windkraft im Dienste des Eisenbahn-Signalwesens.

Die Great Northern Railway, Vereinigte Staaten von Amerika, hat gegenwärtig auf einer ihrer Strecken eine Signalanlage in Betrieb, bei der der zum Bedienen der Signale erforderliche Strom dadurch gewonnen wird, daß ein Windrad von 4,4 m Dmr. in rd. 19 m Höhe über dem Erdboden mittels Riemen einen Wechselstromerzeuger von 60 Per./s antreibt. Die verschiedenen Windstärken werden ausgeglichen durch einen besonderen Dynamoregler in Verbindung mit einem am Windrad angebrachten Fliehkraftregler. („Electrical World" 14. November 1925 S. 1004*.) [N 1196 d] Sd.

Das schwedische Fahrgastmotorschiff „Gripsholm"

ist kürzlich von der englischen Werft Armstrong, Whitworth & Co., Ltd., für die schwedische Amerika-Linie fertiggestellt worden. Das Schiff ist das erste mit zwei doppeltwirkenden Viertaktmotoren, Bauart Burmeister & Wain, die bei 125 Uml./min zusammen 13 500 PS_e leisten und dem Schiff 17 Kn Geschwindigkeit geben. Das Schiff hat 175 m Länge über alles, 22,5 m Breite, 26 500 t Verdrängung, beladen auf 8,85 m Tiefgang, 10 000 Tragfähigkeit und 17 300 B.-R.-T. Raumgehalt. Die Brennstoffmenge beträgt 2500 t Gasöl. Ferner ist Raum vorhanden für 129 Fahrgäste erster Klasse, 482 zweiter und 1006 dritter. Die Kopfzahl der Besatzung beträgt 320. Die drei Luftverdichter mit Dieselantrieb brauchen zusammen 2100 Wellen-PS bei 170 Uml./min. Drei Dieseldynamos liefern bei 200 Uml./min Strom von insgesamt 990 kW bei 220 V. („The Engineer" 27. November 1925 S. 579*.) [N 1196 e] Sch.

Der britische Kleine Kreuzer „Emerald".

In Großbritannien sind zurzeit sehr wenig Kriegschiffe im Bau, deren Fertigstellung meist noch sehr hinausgezögert wird. Der jetzt fertiggestellte Kleine Kreuzer „Emerald" wurde schon im September 1918 begonnen und im Mai 1920 von Stapel gelassen. Vor dem Kriege baute man solche Schiffe in rd. 23 Monaten. Als Grund für die auffallend lange Bauzeit werden bezeichnenderweise finanzielle Gründe angegeben. „Emerald" hat 174 m Länge über alles, 16,2 m Breite und 7775 t Verdrängung bei 4,8 m Tiefgang. Zwei Turbinensätze leisten zusammen höchstens 80 000 PS und erhalten ihren Dampf aus acht Yarrow-Wasserrohrkesseln mit Ölfeuerung. Der normale Ölvorrat beträgt 650 t, der volle Brennstoffvorrat 1600 t. „Emerald" hat einen Wasserlinienpanzer von 75 mm Dicke und Panzerdecks über empfindlichen Teilen. An Waffen sind sieben 15,2 cm-, zwei 10,2 cm- und acht Flugzeugabwehrgeschütze sowie zwölf Überwasser-Torpedorohre in Drillingaufstellung vorhanden. Die Besatzung beträgt 574 Mann. Das Schiff soll voll ausgerüstet 32 Kn Geschwindigkeit erreichen. („The Engineer" 27. November 1925 S. 580*.) [N 1196 f] Sch.

Die Stickstoffindustrie Frankreichs.

Die Stickstoffindustrie Frankreichs ist nicht entfernt so bedeutend wie in Deutschland, das 1924 etwa 350 000 t Stickstofferzeugung hatte; Frankreich erzeugte dagegen nur 30 000 t. Auch die übrigen Länder sind Frankreich weit voraus, z. B. Chile mit 300 000 t, die Vereinigten Staaten mit 100 000 t und England mit 80 000 t. Der Stickstoffverbrauch beträgt in Frankreich etwa das Fünffache der eigenen Erzeugung.

Gegenwärtig arbeiten in Frankreich nach dem Claude-Verfahren fünf Werke, eines nach dem von Haber; sechs werden demnächst nach dem Verfahren von Casale arbeiten. Den Hauptanteil der Einfuhr hat Deutschland, das bis September 1924 schon 184 000 t Ammoniumsulfat geliefert hatte. Auch Chile ist an der Einfuhr beteiligt. („Le Génie Civil" 28. November 1925 S. 469.) [N 1196 g] G.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Motorwagen und Fahrzeugmaschinen für flüssigen Brennstoff. Von Dr. techn. A. Heller. 1. Bd. Motoren und Zubehör. 2. erw. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 438 S. mit 811 Abb. Preis geb. 33 M.

Die erste Auflage erschien 1912 in einem Bande. Die Stoffeinteilung ist unverändert. Das Buch entspricht der Absicht, dem Unterricht zu dienen, auch bei höheren Ansprüchen recht gut. Zu bemängeln wäre:

Die statistischen Angaben sind teilweise zu alt, wie die der deutschen Einfuhr und Ausfuhr, nur bis 1913, und die über Fabrikation und Bestände bei Frankreich bis 1910 und England bis 1915. Die Zahlentafel (S. 67) mit den Kosten der Wärme, unverändert aus der ersten Auflage übernommen, ist heute wertlos. Die Bedeutung des oberen und unteren Heizwertes hätte nähere Erörterung verdient, ebenso die Unstimmigkeit zwischen unmittelbarer Ermittlung des Heizwertes und Berechnung aus der Elementaranalyse.

Auf S. 84 u. f. fehlen bei der Vergasertheorie die Benennungen der meisten Buchstabengrößen, auf S. 126 werden sogar wechselnde Benennungen benutzt, was zu Irrtümern führen muß. Daß außer der Motordrehzahl auch die Stellung der Drossel (S. 92) die Druckverhältnisse im Vergaser bestimmt, dürfte schon vor Löffler und Riedler bekannt gewesen sein. Die alte Theorie des Zenithvergasers (S. 110) war wohl richtig, nur paßt sie nicht mehr ganz auf den inzwischen veränderten Vergaser.

Die Löwesche (S. 173) und die Güldnersche (S. 177) Berechnung der Motorleistung kranken an der Unsicherheit zu vieler Rechnungsfaktoren, was großen Gesamtfehler ergeben kann. Die einfache Vergleichsrechnung mit dem mittleren Druck ist zuverlässiger.

Die Berechnung einer Kurbelwelle nach Clapeyron (S. 256) ist unbrauchbar, da die nötigen Voraussetzungen nicht annähernd erfüllt sind. Die Eulersche Knickformel (S. 272), obwohl in den meisten Lehrbüchern zu finden, kommt für die Berechnung von Schubstangen nicht in Betracht, sondern nur für viel schlankere Stangen. Bei Berechnung des Kurbelgehäuses darf man die Triebwerkmassenkräfte nicht außer acht lassen, da sie auf dem Weg über das Gehäuse ausgeglichen werden.

Trotz dieser Beanstandungen hat das Buch erheblich höheren wissenschaftlichen Wert als die meisten andern Erzeugnisse auf diesem Gebiet. Auch die Ausstattung verdient Lob. [E 1093]

Delft. P. Meyer.

Diesellokomotiven und ihr Antrieb. Von Dipl.-Ing. W. Bauer. München 1925, C. W. Kreidel. 96 S. m. 50 Abb. Preis 8,70 M.

Die erste, das neue Gebiet der Diesellokomotiven zusammenfassende Schrift liegt nun vor uns. Bei der lebhaften Entwicklung des Gebietes ist es ausgeschlossen, etwas Abschließendes darüber zu bringen. Deshalb hat sich der Verfasser auch darauf beschränkt, eine allgemeine Übersicht über die in Betracht kommenden Fragen zu geben. Wer eine Diesellokomotive verantwortlich entwerfen will, braucht noch viel eigene Arbeit dazu. Die vier Kapitel bringen die Berechnung der Dampflokomotive, den Dieselmotor vom Standpunkte des Lokomotivbaues, die Übertragungsmittel und die gasförmigen Übertragungsmittel insbesondere. Das Buch ist gut ausgestattet.

[E 1064] F. Meineke.

Jahrbuch der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt 1924. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg. 146 S. m. Abb. Preis 10 M.

Die rührige WGL hat mit dem vorliegenden Jahrbuch ein sehr beachtenswertes Werk herausgebracht, das vor allem die im Jahre 1924 in Frankfurt gehaltenen, zum Teil auch heute noch beachtenswerten Vorträge enthält. Die erste Arbeit „Neue Erfahrungen im Großflugzeugbau" von Dr. A. Rohrbach weist auf die Vorzüge hoher Flächenbelastung hin und erläutert die Eigenschaften und bauliche Einzelheiten des bekannten Großflugzeuges des Verfassers; die zweite bringt beachtenswerte Messungen an diesem Flugzeug im Fluge. Sodann weist Prof. A. Baumann auf die Schwierigkeiten hin, die sich bei der Bemessung der zulässigen Belastung ergeben. Auch Thalau behandelt Festigkeitsfragen. Ackeret gibt sodann einen Überblick über Messungen an Joukowski-Profilen. Weitere Beiträge behandeln die ausländische Luftfahrt, und zwar ihre politischen Ziele, leichte und kleine Flugzeuge, ferner Flugzeuge und Motoren, wobei u. a. auf Tragflächenkühler, die Reno-Schraube, den Napier-Lion-Motor und Diesel-Flugmotoren eingegangen wird.

[E 1084] Sch.

Die Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten. Ein Lehrbuch zum Gebrauch an Technischen Hochschulen und in der Praxis. Von Dr.-Ing. eh. Max Foerster. Ergänzungsband zum Handbuche der Ingenieurwissenschaften. 5. vollk. neubearb. u. stark verm. Aufl. Leipzig 1924, Wilhelm Engelmann. VIII u. 1320 S. mit 1332 Abb. Preis geh. 42 M, geb. 45 M.

Im Eisenhochbau sind während des letzten Jahrzehntes gewaltige Fortschritte gemacht worden. Unter dem Zwange der Verhältnisse hat man, namentlich in Deutschland, gelernt, sparsam zu bauen. Die Umstellung stellt höhere Anforderungen an den Konstrukteur, findet aber meist ihren Lohn in einer baustoffgerechten und ästhetisch befriedigenden Gestaltung der Bauwerke. Diese Entwicklung im Eisenbau machte eine Neuauflage des bewährten Buches — die vorige Auflage erschien 1909 — notwendig. Foerster beschränkt seine Ausführungen bewußt noch mehr als früher auf die Erfordernisse des praktischen Eisenhochbaues, indem er die rein statischen Teile des Buches zugunsten der konstruktiven verringert. Mit einer Ausnahme allerdings: die statische Behandlung der räumlichen Fachwerke ist sogar noch erweitert worden. Mit gutem Recht, denn die Arbeiten auf diesem Gebiete sind kaum noch einmal an andrer Stelle und in dieser Übersichtlichkeit zusammengestellt worden.

Der Abschnitt über den Baustoff ist entsprechend den neueren Erkenntnissen bearbeitet, auch die Normung im Eisenhochbau hat — wenn auch leider nicht im vollen Umfang der vorliegenden Arbeiten — Berücksichtigung gefunden. Die neueren Untersuchungen über Knickfestigkeit gegliederter Stäbe und ihre Berechnung werden eingehend gewürdigt. Wertvoll sind die bedeutend erweiterten Ausführungen über Licht- und Leitungsmaste. Die Beispiele ausgeführter Bauten sind stark vermehrt worden, namentlich sind zahlreiche neuere Hallenbauten hinzugekommen. Eine Durchsicht zeigt deutlich den größeren Anteil, den heute die vollwandigen Eisenbauten haben.

Das ehemals in einem kurzen Abschnitt behandelte Gebiet des Eisenbetonbaues ist im Laufe der Jahre zu umfangreich geworden, als daß es sich auf wenigen Seiten behandeln ließe. Foerster hat daher den Anhang früherer Auflagen fortgelassen, zumal auch aus seiner Feder ein wertvolles Buch über die Grundzüge des Eisenbetonbaues vorliegt.

Ausstattung und Abbildungen sind gut. Wenn auch die Abbildungen mitunter zu stark verkleinert sind, übrigens ein oft anzutreffender Mißstand in der Eisenbauliteratur, so ist doch zu begrüßen, daß sie alle an die betreffende Stelle des Textbandes gesetzt worden sind, wodurch ein besonderer Tafelband überflüssig wurde. Das Buch wird sich in seiner neuen Gestalt den hervorragenden Ruf und die Anerkennung der früheren Auflagen wahren. [E 1058] Be.

Drahtlose Telegraphie und Telephonie. Von L. B. Turner, aus dem Englischen übersetzt von Dipl.-Ing. W. Glitsch. Berlin 1925, Julius Springer. X und 220 S. m. 143 Abb. Preis geb. 10,50 M.

Das Buch ist, wie sein Untertitel besagt, als Leitfaden für Ingenieure und Studierende bestimmt und wird dieser Aufgabe namentlich für englische Verhältnisse zweifellos gerecht. Es gibt dem Elektroingenieur, der nicht Hochfrequenztechniker ist, die Mittel an die Hand, sich in die Funktechnik gut einzuarbeiten. Denn es behandelt in knapper, aber klarer Darstellung die wichtigsten Teile dieses Gebietes, ohne sich allzusehr in die physikalischen und mathematischen Grundlagen zu verlieren. Die englische Ausgabe ist nach dem Vorwort des Verfassers Ende 1920 erschienen, konnte also den damals noch nicht vorhandenen Rundfunk nicht berücksichtigen. Aus demselben Grund entspricht auch die Behandlung der Schnelltelegraphie, der Störungsbekämpfung, der Richttelegraphie und andrer wichtiger Zweige der Funktechnik nicht den inzwischen gemachten Fortschritten. Soweit sich die Darstellung auf Geräte bezieht, sind diese überwiegend englischen, amerikanischen, zum Teil auch französischen Ursprungs, ohne daß indes die Erzeugnisse der deutschen Funkindustrie völlig übergangen wären.

Die Übersetzung ist, soweit sich dies ohne Vergleich mit dem englischen Text feststellen läßt, genau, klar und vor allem in jeder Beziehung übersichtlich. [E 1053] C. W. Kollatz.

Die patentierte Erfindung in neuer Darstellung und Beanspruchung. Von Dr.-Ing. Fritz Berg. Mannheim, Berlin u. Leipzig 1925, J. Benzheimer. 91 S. m. 10 Abb. Preis 5 M.

Das Buch bringt eine ungemein einfache Art der graphischen Darstellung des Zusammenhanges zwischen den Mitteln und der Wirksamkeit von Erfindungen in Zylinderkoordinaten. Die Darstellung eignet sich vorzüglich zur Aufklärung des Verhältnisses einer Erfindung zum früheren Stand der Technik und zu wirklichen oder vermeintlichen Nachahmungen. Nach der Vorrede ist der Verfasser bezüglich der Einführung dieser graphischen Darstellung in die allgemeine Benutzung nicht sehr hoffnungsvoll. Ich glaube, daß man bei dem Patentamt davon Gebrauch machen könnte, aber bei den Gerichten . . .?

[E 1116] F. Neubauer.

Zentrifugal-Ventilatoren. Ihre Berechnung und Konstruktion. Von Erich Gronwald. Berlin 1925, Julius Springer. 178 S. m. 108 Abb. Preis 12,60 M.

Übersicht über den heutigen Stand der Gleichrichter. Von A. Günther-Schultze u. Werner Germershausen. 2. völlig umgearb. u. verm. Aufl. Leipzig 1925, Hachmeister & Thal. 111 S. m. 79 Abb. Preis 4 M.

Die Akkumulatoren und galvanischen Elemente. Theorie, Konstruktion u. Anwendung. Von L. Lucas. 3. umgearb. u. erw. Aufl. Leipzig 1925, Max Jänecke. 152 S. m. 92 Abb. Preis 5,80 M.

Berechnung der Gleich- u. Wechselstromnetze. Von Karl Muttersbach. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg. 118 S. m. 88 Abb. Preis 6,50 M.

Elektromaschinenbau. Berechnung elektrischer Maschinen in Theorie u. Praxis. Von P. B. Arthur Linker. Berlin 1925, Julius Springer. 304 S. m. 128 Abb. Preis 24 M.

Luftschiff und Luftschiffahrt in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. Von Marinebaurat Engberding. Berlin 1926, VDI-Verlag G. m. b. H. 272 S. m. 119 Abb. Preis 9 M.

Gußbeton. Erfahrungen beim Schweizerischen Talsperrenbau. Bearb. v. Ed. Stadelmann. Zürich 1925, Verlag „Hoch- u. Tiefbau", A.-G. 154 S. m. 54 Abb. Preis 10 schw. Fr.

Geologische Voraussetzungen für Wasserkraftanlagen. Von J. L. Wilser. Berlin 1925, Julius Springer. 58 S. Preis 3,60 M.

Über Querprofile von Binnenschiffahrtskanälen. Von Paul Schmies. Berlin 1925, Julius Springer. 57 S. m. 51 Abb. Preis 5,10 M.

Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft. **Grundsätze f. d. bauliche Durchbildung eiserner Eisenbahnbrücken.** Amtliche Ausg. Berlin 1925, Wilh. Ernst & Sohn. 20 S. Preis 1,20 M.

Vorlesungen über technische Mechanik. Von Aug. Föppl. Bd. 1: Einführung in die Mechanik. 8. Aufl. Leipzig und Berlin 1925, B. G. Teubner. 414 S. m. 104 Abb. Preis 15 M.

Elemente der Graphostatik. Von Georg Dreyer. 8. verm. u. verb. Aufl. Leipzig 1925, Max Jänecke. 143 S. m. 318 Abb. Preis 5 M.

Was ist Mathematik? Unterhaltung während einer Seereise. Von Lothar Heffter. 2. Aufl. Berlin 1925, Theodor Fisher. 161 S. m. 40 Abb. Preis 3,50 M.

Mathematische Formelsammlung. Von P. Gruhn. 6. verm. u. verb. Aufl. Leipzig 1925, Max Jänecke. 70 S. Preis 1,20 M.

Die Methoden der organischen Chemie. Bd. 2: Spezieller Teil. Herausg. v. J. Houben. 3. umgearb. und erw. Aufl. Leipzig 1925, Georg Thieme. 1431 S. m. 53 Abb. Preis geh. 75 M, geb. 84 M.

Neue Stickstoffwerke auf Wasserkraft. Eine Lebensnotwendigkeit für das deutsche Volk. Von Johann Hallinger. München 1925, Untere Isar-A.-G. 16 S. Preis 1,20 M.

Abwärmeverwertung zu Heiz-, Trocken-, Warmwasserbereitungs- u. ähnlichen Zwecken. Von N. Hottinger. Berlin 1925, Julius Springer. 240 S. m. 180 Abb. Preis 8 M, geb. 10 M.

Maschinenbauliche Beispiele für Konstruktionsübungen zur darstellenden Geometrie. Herausg. von Theodor Schmid. 2. verm. u. verb. Aufl. Leipzig u. Wien 1925, Franz Deuticke. 25 Nr. Preis 3 M.

Landesplanung und Planwesen. Bericht d. Gründungsversammlung d. Landesplanungsverbandes Düsseldorf e. V. am 8. Juli 1925. Berlin 1925, Carl Heymann. 24 S. m. einz. Abb. Preis 2 M.

Théorie générale et Formulaire pratique du Ciment armé. Von Charles Amar. Paris 1926, Gauthier-Villars Cie. 179 S. m. zahlr. Abb. Preis 40 Fr.

Wissenschaftliche Tagungen während der Kölner Messe. **Baufach.** Wissenschaftl. Vorträge am 28. u. 29. September 1925. 102 S. m. 17 Abb. Preis 7 M. **Meßgeräte.** Wissenschaftl. Vorträge am 30. September und 1. Oktober 1925. 86 S. m. 10 Abb. Preis 7 M. Köln 1925, Verlag des Messeamtes.

25 Jahre Dampfkessel-Überwachungs-Verein der Zechen im Oberbergamtsbezirk Dortmund zu Essen. Jahresbericht 1924/25. 52 S. m. 9 Abb. Kostenlos.

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. 11. Aufl. 3. Bd. 2. Hälfte. **Kinetische Theorie der Wärme.** Von Karl F. Herzfeld. Braunschweig 1925, Friedr. Vieweg & Sohn. 436 S. m. 52 Abb. Preis 21 M.

Handbuch der Arbeitswissenschaft, Bd. 4: **Handbuch psychotechnischer Eignungsprüfungen.** Von Fritz Giese. 2. erw. u. veränd. Aufl. der „Eignungsprüfungen an Erwachsenen". Halle 1925, Carl Marhold, Abt. Wendt & Klauwell. 870 S. m. 265 Abb. Preis geh. 35 M, geb. 39 M.

Das Deutsche Patentrecht. Von F. Damme u. R. Lutter. 3. völlig neubearb. Aufl. Berlin 1925, Otto Liebmann. 692 S. Preis geh. 26 M, geb. 28 M.

Veröffentlichungen a. d. Gebiete der Medizinalverwaltung, Bd. 20 H. 3: Arbeitswiss. Monographien a. d. Institut f. angew. Psychologie in Berlin T. I: **Unfallursachen und Unfallbekämpfung.** Von Otto Lipmann. Berlin 1925, Richard Schoetz. 126 S. m. 30 Abb. Preis 4,80 M.

Die Lederfabrikation, Teil 4: **Die Chromgerbung.** Praktisches Handbuch f. d. ges. Lederindustrie. Von Josef Borgman. 3. erw. Aufl. Von Ferdinand Kohl. Berlin 1925, M. Krayn. 314 S. m. 68 Abb. Preis 16 M, geb. 18 M.

Die Lederfabrikation, Teil 5: **Die Mineralgerbung.** Praktisches Handbuch f. d. ges. Lederindustrie. Von Hans Friedenthal. Berlin 1925, M. Krayn. 128 S. m. 37 Abb. Preis 6 M, geb. 7,50 M.

Formules et Tables Numériques. Von L. Potin. Paris 1925, G. Doin & Gauthier-Villars & Cie. 862 S. Preis 260 Fr.

Die Technische Hochschule in Wien. 1815—1925. Von Joseph Neuwirth. Wien u. Leipzig 1925, A. Hartleben. 96 S. Preis 2,50 M.

Oskar Dietrich, Papierfabriken Weißenfels/Saale. Festschrift, herausg. aus Anlaß d. 50jährigen Bestehens der Firma. Weißenfels, den 9. September 1925. 211 S. m. versch. Abb. Nicht verkäuflich.

R. D. A. Zeitschrift des Reichsverbandes der Automobil-Industrie. Herausg. von Curt Sperling. Nr. 1, 15. Oktober 1925. Berlin, Deutsch. Industrie-Verlag G. m. b. H. 24 Hefte jährlich. Preis jährl. 20 M.

Funkpeilungen. Richtungs- u. Standortsbestimmung auf funktechnischem Wege. Von A. Leib u. Korv.-Kapitän a. D. Nitzsche. Berlin 1926, E. S. Mittler & Sohn. 210 S. m. 195 Abb. Preis geh. 16 M, geb. 18,50 M.

Leitungsinstallation. Von B. Jacobi. Leipzig 1925, Hachmeister & Thal. 104 S. m. 275 Abb. Preis 4,50 M.

Bibliothek des Radio-Amateurs Bd. 7: **Wie baue ich einen einfachen Detektor-Empfänger?** Von Eugen Nesper. 2. verm. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 53 S. m. 31 Abb. Preis 1,35 M.

Bibliothek d. Radio-Amateurs Bd. 17: **Reflex-Empfänger.** Von Paul Adorján. Berlin 1925, Julius Springer. 53 S. m. 60 Abb. Preis 2,10 M.

Bibliothek d. Radio-Amateurs Bd. 23: **Kettenleiter und Sperrkreise in Theorie und Praxis.** Von C. Eichelberger. Berlin 1925, Julius Springer. 91 S. m. 120 Abb. Preis 3 M.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 19. DEZEMBER 1925 NR. 51

Vollständiges Inhaltverzeichnis auf Seite 1612.

Die künstliche Seide.

Von E. Wurtz, Oberingenieur, Ratingen.

Die verschiedenen Arten der künstlichen Seide werden übersichtlich besprochen. Die Herstellung der meistverbreiteten Viskoseseide wird unter besonderer Hervorhebung der technischen Seite beschrieben.

Als im Jahre 1892 Graf Hilaire de Chardonnet aus Zellstoff erzeugte Viskose im Laboratorium durch feine Düsen drückte und so Einzelfaden von großer Zartheit herstellte, ahnte er noch nicht, daß er damit den Grund für eine Industrie legen würde, die heute bereits als ein Weltgewerbe angesprochen werden kann. Im Laufe der Jahre wurden die ersten Laboratoriumsversuche weiter ausgebaut, und auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1900 zeigte man bereits eine künstliche Seide, die aus Zelluloselösungen nach einem besonderen Verfahren hergestellt war. Das dem neuen Erzeugnis entgegengebrachte Mißtrauen war sehr groß, und die junge Industrie hatte im Anfange bedeutende Schwierigkeiten zu überwinden, bis sie sich auch nur einigermaßen durchsetzen konnte. Männer wie Dr. Max Fremery und sein Betriebsleiter, der Ingenieur Joh. Urban, haben auf dem Gebiete der Kunstseidenindustrie Großes geleistet. Sie legten den Grund zu den sogenannten Pauly-Patenten, die wiederum der Grundstein der bedeutendsten deutschen Kunstseidenfabrik, der 1899 in Elberfeld gegründeten „Vereinigten Glanzstofffabriken, Akt.-Ges." geworden sind.

Die Jahre vergingen, Verbesserungen auf Verbesserungen, sei es an den Maschinen oder Verfahren, wurden gemacht. Wenn auch gewisse Mißerfolge nicht ausblieben, so gab es doch für die neue vorwärtsstrebende Industrie auf ihrem Siegeszuge kein Halten mehr. Heute macht die künstliche Seide der echten Maulbeerseide starken Wettbewerb, und die Welterzeugung an Kunstseide hat die an echter Seide bereits weit überholt.

Bei der echten Seide spinnt die Seidenraupe den Seidenfaden aus dem Munde, der gewissermaßen die Düse darstellt. Als Rohstoff dienen die Blätter des Maulbeerbaumes, die sich im Körper des Tieres zu der spinnfähigen Masse verwandeln. Sehr einfach ist dieser Vorgang in der Natur, und die Menschen haben versucht, ihn nachzumachen mit dem Erfolg, daß sich die Eigenschaften des Kunsterzeugnisses denen der echten Seide bereits um ein beträchtliches genähert haben.

Die verschiedenen Arten der Kunstseide.

Heute unterscheidet man Chardonnet- oder Nitroseide, Kupferoxyd-Ammoniakseide, Viskoseseide und neuerdings Zelanese- oder Azetatseide.

Von der Herstellung der Chardonnet- oder Nitroseide ist man mit Rücksicht auf die hohen Herstellungskosten und die Feuergefährlichkeit fast ganz abgekommen; auch erfordert sie verwickelte Einrichtungen zum Auffangen und Wiedergewinnen der teuren flüchtigen Lösemittel.

Kupferoxyd-Ammoniakseide ist in der Herstellung sehr teuer, weil das Verfahren umständlich ist und als Rohstoff Baumwollkämmlinge verwendet werden. Obwohl letztere durch die viel billigeren Linters zum Teil ersetzt werden, ist die Wirtschaftlichkeit einer solchen Fabrik natürlich nur dann gegeben, wenn eine Wiedergewinnung des Kupfers zu 95 vH und des Ammoniaks zu 85 vH gewährleistet wird. Die Kupferseide hat allerdings besondere Eigenschaften, und da sie sich für gewisse Zwecke sehr gut eignet, wird sie auch entsprechend bezahlt. In Deutschland wird Kupferseide nur von drei bedeutenden Fabriken hergestellt. Diese verfügen über besondere Geheimverfahren und Einrichtungen, und ihre Erzeugnisse sind unter dem Namen Adlerseide und Hölkenseide im Handel. Das einzige Verfahren, Kupferseide herzustellen, dem Bedeutung zukommt, ist das Streckspinnverfahren von Thiele-Linkmeyer. Die hiernach hergestellte Seide ist besonders feinfädig und leicht, sie ähnelt in ihren Eigenschaften sehr der echten Seide. Die Lösung der Aufgabe, Kupferseide in großen Mengen herzustellen und auf den Markt zu werfen, ist der Firma J. P. Bemberg in Barmen-Rittershausen zuzuschreiben.

Das dritte Verfahren, Kunstseide herzustellen, ist das Viskoseverfahren. Seine Erfindung ist den englischen Forschern Cros, Beavan und Beadle zu verdanken. Sie fanden, daß man die verhältnismäßig billige Sulfitzellulose durch Behandlung mit Ätznatron ($NaOH$) und Schwefelkohlenstoff (CS_2) in eine viskoseartige Masse überführen konnte, und daß diese Viskose das Ausziehen feiner Fäden, die in ein Fällbad niedergeschlagen wurden, gestattete. Den Fachleuten der Kunstseidenindustrie war es bald klar, daß aus der Viskose bei bedeutend verminderten Herstellungskosten eine den anderen Verfahren mindestens gleichwertige Kunstseide hergestellt werden konnte, und es war nicht verwunderlich, daß diesem Verfahren die Zukunft gehörte. Die Viskoseseide ist heute die gebräuchlichste, und die meisten Fabriken sind auf diese Seidenart eingestellt. Als schönes, glänzendes, weißes Erzeugnis eignet sich die Viskoseseide am besten für die Herstellung der am meisten verlangten Textilwaren, und auch sonst ist ihre Verwendungsmöglichkeit fast unbegrenzt. Anfänglich wurden häufig Klagen darüber laut, daß die Viskoseseide nicht die Festigkeit und Haltbarkeit der echten Seide aufweise. Jedoch ist dieser Übelstand bereits überwunden. Durch die Wahl geeigneter Fällbäder und durch die Behandlung der Seidensträhnen oder fertigen Gewebe in einer Formaldehydlösung haben sich die Eigenschaften der Viskoseseide bedeutend gebessert, und ihre Güte steht nicht mehr weit hinter der der teuren echten Seide zurück.

Als vierte Kunstseide sei die Zelanese- oder Azetatseide erwähnt. Sie ist ein neueres Erzeugnis, und ihr werden Eigenschaften zugesprochen, die sogar die echte Seide nicht aufweist. Vor allen Dingen feinfädig und geschmeidig, hat die Zelaneseseide eine hervorragende Wasserfestigkeit, außerdem ist sie in hohem Maß isolierend und eignet sich infolgedessen ganz besonders für die Anfertigung entsprechender Kleidungsstücke. Sie kann, ohne eine Verschlechterung zu erfahren, unbegrenzt gelagert werden. Ihre Elastizität ist sehr groß, und wegen ihrer Geschmeidigkeit und ihres weichen Griffes ist sie sehr beliebt. Die Herstellung dieser Seide dagegen ist äußerst schwierig und umständlich und ohne den Besitz gewisser Patente fast unmöglich. Das erklärt,

daß diese Seidenart bisher nur von wenigen, allerdings sehr bedeutenden Werken hergestellt wird. Die bedeutendste Kunstseidenfabrik, die Zelaneseseide erzeugt, ist der Courtaulds-Konzern in England, nebenbei bemerkt, die größte Kunstseidenfabrik der Welt.

Es ist nicht zu verwundern, wenn der Name „Kunstseide" bei den immer besser werdenden Eigenschaften dieses Erzeugnisses verpönt wird. Schon die Elberfelder Glanzstoffabriken bezeichnen ihr Erzeugnis als „Glanzstoff", und in Amerika hat man sich für Kunstseide jetzt auf den Namen „Rayon" geeinigt, nachdem die Bezeichnung „Glos", was so viel wie glänzend, leuchtend bedeutet, nicht durchgekommen ist. Auch steht zu erwarten, daß andre Staaten diesem Beispiel folgen und für Kunstseide einen andren Namen wählen werden.

Die Bearbeitung der Grundstoffe für die Viskoseseide.

Nachdem im vorstehenden die einzelnen Seidenarten berührt worden sind, soll im folgenden der Herstellungsgang der Viskoseseide als der gebräuchlichsten näher erörtert und beschrieben werden.

Der Rohstoff, aus dem die Viskoseseide hergestellt wird, ist ein aus den Sulfitzellstoffabriken kommendes Kohlenhydrat, der Zellstoff $C_6H_{10}O_5$ (Zellulose). Die Zellulose besteht aus α-, β- und γ-Zellulose. Die α-Zellulose wird von Natronlauge nicht angegriffen. Die β-Zellulose löst sich in der Lauge und fällt bei der Säurebehandlung wieder aus. Die γ-Zellulose fällt nicht aus; ihr Vorhandensein ist schädlich für die Seide. Eine für die Seidenherstellung geeignete Zellulose besteht beispielsweise aus 88,5 vH α-Zellulose, 3,33 vH β- und 8,17 vH γ-Zellulose. Auch muß sie günstige Quellgrade, das heißt gute Aufnahmefähigkeit für Natronlauge aufweisen. Norwegische und deutsche Zellulose ist für die Seidenherstellung gut geeignet. Die in Stücke geschnittenen Zelluloseblätter, die mit Rücksicht auf ein gleichmäßiges Durchtränken mit Natronlauge zunächst durch Vortrocknung in einer Trockenkammer auf den gleichen Feuchtigkeitsgehalt gebracht wurden, werden in rechteckige Behälter, sogenannte Tauchkästen, eingelegt. Die Tauchkästen sind durch etwa 80 mm voneinander entfernt angeordnete gelochte Bleche in einzelne Abteilungen getrennt, in die die einzelnen Zelluloseblätter aufrecht eingelegt werden. Durch Einfüllen einer Natronlauge von 18,5 vH wird in diesen Behältern der Tauchvorgang, das heißt das Aufweichen und Durchtränken der Zellulose, durchgeführt. Vorzuziehen sind dünne Zelluloseblätter, da diese ein schnelleres und besseres Aufschließen gewährleisten als dicke Zelluloseblätter. Die Tauchlauge wird von den Kunstseidenfabriken in einer eigens dazu eingerichteten Laugenstelle bereitet, Abb. 1.

Das feste Ätznatron (NaOH) wird in den in der Erde stehenden Behälter, s. Abb. 1, eingefüllt und durch Wasser aufgelöst. Eine Schleuderpumpe drückt die Lauge durch eine Filterpresse in die zu ebener Erde stehenden Laugensammelbehälter. Diese sind mit Kühlschlangen versehen, die bezwecken, die Temperatur der Lauge ziemlich niedrig zu halten. Von den Laugenbehältern gelangt die Lauge dann durch einen Gegenstromkühler *a* in die eigentlichen Tauchkästen.

Abb. 2. Tauchkasten für Zellulose.

Das zur Verwendung kommende Ätznatron muß wenigstens 97 vH NaOH, darf aber nicht mehr als 1 vH Soda und 1,25 vH Natriumchlorid enthalten. Schwarze Sulfide ergebende Metalle darin sind schädlich. Zum Tauchen der Zellulose und zur Herstellung der Alkali-Zellulose muß die Lauge 17 bis 18,5 vH Ätznatron enthalten. Getaucht wird bei 15 °C.

Zum Tauchen benutzt man rechteckige Behälter, in die die einzelnen Tauchkasten eingesetzt werden. In diese, die aus durchlochtem Blech bestehen, wird die Zellulose eingestellt. Ein einzelner Tauchkasten ist in Abb. 2 abgebildet. Ein solcher Tauchkasten kann bei 550 mm Länge, 200 mm Breite und 600 mm Höhe 4 bis 5 kg Trockenzellulose fassen. Je nach der gewünschten Leistung wird eine entsprechende Anzahl Tauchkasten in die Tauchbehälter eingesetzt. Der Tauchvorgang dauert ein bis zwei Stunden. Die Anordnung eines ganzen Tauchkastensatzes zeigen Abb. 3 und 4. Dieser Tauchkastensatz ist mit zwei großen Inneneinsätzen versehen, die mit dem Kran herausgehoben werden. Die Inneneinsätze bestehen aus einzelnen Abteilungen, ähnlich denen in Abb. 2; ihre Anzahl richtet sich nach der zu tauchenden Zellulosemenge. Nach beendigtem Tauchvorgang wird die Lauge in einen Sammelbehälter abgelassen, über Kies oder anderm Filterstoff gefiltert und mit Mutterlauge regeneriert, d. h. auf die für den zweiten Tauchvorgang für frische Zellulose erforderliche Stärke gebracht. Die aufgeschlossenen merzerisierten Zelluloseblätter kommen jetzt auf den Tisch einer hydraulischen Presse. Für eine mittlere Fabrik, die etwa 1000 kg Seide täglich erzeugt, sind Pressen mit einer Tischgröße von 1000 × 1000 mm gebräuchlich. Mit ihnen muß mindestens ein Druck von 10 kg/cm² erzeugt werden können, was einem Gesamtpreßdruck von 100 000 kg entspricht. Der für die Pressen erforderliche Druck wird in besonderen mit mehreren Tauchkolben ausgerüsteten Preßpumpen, die elektrisch oder durch Riemen angetrieben werden, erzeugt.

Abb. 1. Bereitungsstelle für Sodalauge und Tauchstelle für Zellulose zur Viskosebereitung, M. rd. 1 : 100.

a Gegenstromkühler

Die ausgepreßte Zellulose wird in kleine Wagen gefüllt und auf die Zerfaserungsmaschinen befördert, auf denen die Alkalizellulose gut zerkleinert und zerfasert wird. Unzerkleinerte Zellulose in der Viskose macht sich beim Spinnvorgang unangenehm bemerkbar. Die Zerfaserer sind mit Trögen versehen, in denen eigenartig angeordnete Rührflügel umlaufen; sie bestreichen dabei einen in der Mitte angebrachten gezahnten Sattel so, daß alle hindurchgetriebene Zellulose zerkleinert wird. Die Zerfaserung muß bei eingeschalteter Kühlung stattfinden. Die Innentemperatur im Zerfaserer darf 23° nicht überschreiten. Zwecks guter und schneller Entleerung ist das Troggewicht des Zerfaserers durch Gegengewicht ausgeglichen und kippbar eingerichtet. Ein Dreischeiben-Wendegetriebe gestattet jederzeit ein Stillsetzen sowie Wechseln in der Drehrichtung der Maschine, die bei einer Troggröße von 800 l Inhalt während des Betriebes 15 bis 17 PS braucht. Der Zerfaserungsvorgang dauert etwa 3½ bis 4 h für eine Füllung des Troges.

Die so zerkleinerte Zellulose wird jetzt abgewogen, in sogenannte Reife- oder Spinnkannen eingefüllt und in einem besonderen Raum einem Alterungsvorgang unterworfen. Die Spinnkannen, aus dünnem Blech hergestellt, sind in viereckiger, zylindrischer oder kegeliger Form in Gebrauch. Sie sind mit gut schließenden Deckeln versehen und im Mittel für je 12 kg Alkalizellulose bemessen. Dieser Menge entspricht ein Kanneninhalt von je rd. 35 l. Für eine Kunstseidenfabrik von 1000 kg täglicher Seidenerzeugung sind bei 1600 kg Zelluloseeinsatz rd. 5000 kg Alkalizellulose notwendig, die bei dreitägiger Reife rd. 1250 Spinnkannen erfordern. Ein Drittel dieser Kannen wird dann jeden Tag versponnen. In der Reifekammer, die mit Dampf geheizt wird, muß die Temperatur genau eingehalten werden; die einzelnen Kannen stehen etwa 72 Stunden in diesem Raum. Die Dauer hängt von dem Reifegrad ab. Die gereifte Zellulose muß genau untersucht werden. Die Untersuchung erstreckt sich auf Reifegrad-, Alkaligehalt- und Zellulosegehalt-Bestimmung. Im Durchschnitt wird der Reiferaum auf 23 bis 25° C gehalten. Unmittelbar neben der Reifekammer wird zweckmäßig der Sulfidierraum angeordnet, und in den in diesem Raum aufgestellten Trommeln wird die Alkalizellulose durch Berieselung mit Schwefelkohlenstoff in ein Zellulosesulfokarbonat übergeführt (sulfidiert).

Die gereifte Natronzellulose wird dabei in sechseckigen oder runden Sulfidiertrommeln, sogenannten Baratten, sulfidiert, indem man sie mit 1 Mol CS_2 auf 1 Mol $C_6H_{10}O_5$ eine gewisse Zeit stehen läßt. Hierbei nimmt die Masse eine gelbliche Färbung an und verliert ihren früheren Faseraufbau. Sie geht in einen kolloiden Zustand über, und man nennt die Masse dann Xanthat oder Xanthogenat. Letzteres ist in Wasser und Natronlauge löslich. Je nach der Temperatur, die beim Sulfidieren auftritt, beschleunigt oder verlangsamt man diesen Vorgang. Je langsamer und kühler man sulfidiert, desto besser, d. h. klarer und faserfreier wird das Xanthogenat. Bei der Anlage der Sulfidierstelle ist der hohen Feuergefährlichkeit des Schwefelkohlenstoffes (CS_2) Rechnung zu tragen. Sulfidiertrommeln baut man heute in sechseckiger und runder Form, und in beiden Fällen mit ausreichendem Kühlmantel. Für eine Verarbeitung von 100 kg Trockenzellulose kommt eine Sulfidiertrommel von 1300 l Inhalt in Frage, Abb. 5 bis 9. Der Antrieb der Trommeln ist so zu wählen, daß sie nur 2 bis 3 Uml./min machen. Bei dieser Umlaufzahl wird die Zellulose genügend durcheinandergemischt und eine völlige Durchdringung mit CS_2 erzielt. Der für die Überführung der Natronzellulose in Xanthogenat erforderliche CS_2 wird der Trommel aus einem danebenstehenden Meßgefäß von etwa 40 l Inhalt zugeführt. Man rechnet durchweg auf 100 kg Trockenzellulose, der etwa 320 kg Alkalizellulose entsprechen, 30 bis 32 kg Schwefelkohlenstoff. Von diesem Schwefelkohlenstoff werden 29 bis 30 kg absorbiert; der Rest wird abgeblasen oder abgesaugt. Das Sulfidieren dauert durchweg 3 bis 3½ Stunden. Die aus der Reifekammer kommende Zellulose, die eine Temperatur von etwa 23° C hat, wird dabei auf 16° C abgekühlt. Das Xanthogenieren ist ein wärmeabgebender Vorgang. Die Schwefelkohlenstoff-Gase werden aus den Trommeln mittels Luftdruckes hinausgedrückt. Sämtliche Rohrleitungen und Absperrorgane müssen mit entsprechenden Sicherungen versehen sein. Auch werden in manchen Fabriken die Gase ab-

Abb. 3 und 4. Tauchkastensatz für Zellulose zur Kunstseidenbereitung.

Abb. 5 und 6. Sechseckige Sulfidiertrommel von 1300 l Inhalt.

Abb. 7 bis 9. Runde Sulfidiertrommel. M. rd. 1 : 40.

Abb. 12. Lösevorrichtung mit 1500 l Inhalt. Rührwerk mit zweierlei Bewegung.

gesaugt. In diesem Falle kommen Hochdruck-Kapselgebläse mit metallenen Kolben zur Verwendung. Diese haben den Vorzug, daß durch die metallenen Kolben eine Funkenbildung vermieden wird und eine Explosionsgefahr so gut wie ausgeschlossen ist. Die Gase werden durch eine Auspuffleitung über das Dach des Sulfidierraumes hinaus ins Freie geblasen.

Die sechseckige Form der Trommeln wird vielfach gegenüber der runden Form bevorzugt, weil man sich eine stärkere Mischung und Durchdringung der Zellulose von ihr verspricht. Der Kraftbedarf ist in allen Fällen gering und beträgt für 1300 l Trommelinhalt etwa 1½ bis 2 PS.

100 kg Zellulose = 320 kg Alkalizellulose haben einen Rauminhalt von rd. 950 l. Also 1300 l Trommelinhalt abzüglich 950 l Alkalizellulosevolumen geben 450 l freien Raum, d. h. etwa ⅓ des ganzen Trommelinhaltes. Dieser freie Raum ist notwendig, um ein gutes Durchmischen zu sichern und um Platz für die sich bildenden abzusaugenden CS_2-Gase zu haben.

Nach beendeter Sulfidierung wird das fertige Xanthogenat in die im allgemeinen unter den Sulfidiertrommeln stehenden Malaxeure oder Mischer abgelassen. In ihnen wird es mit Wasser und Natronlauge möglichst schnell vermischt und gelöst. Durch den Lösevorgang geht in der

Abb. 13 und 14. Liegendes Rührwerk; Muldenmischer.

Abb. 10 und 11. Rührwerk von 250 l Inhalt. M. rd. 1 : 45.

Abb. 15 und 16. Nachmischer von 3000 bis 3500 l Inhalt. M. rd. 1 : 50.

Masse eine Veränderung vor sich. Man nennt sie jetzt Viskose. Sie zeigt eine gelbliche, ins rötliche schimmernde Farbe und ähnelt in ihrer Zähflüssigkeit Rübenkraut oder flüssigem Honig. Der eigenartige Geruch der Viskose ist auf die schwefelhaltigen Verunreinigungen zurückzuführen, die später ausgeschieden oder absorbiert werden müssen, wenn sie bei der fertigen Seide nicht unangenehm merkbar werden sollen. Der Gehalt des im Mischer aufgelösten Xanthogenates an Zellulose beträgt etwa 7,5 bis 8 vH und an Ätznatron (NaOH) etwa 6,5 bis 7 vH. Wichtig für den ganzen Vorgang ist eine vollständige Mischung und das Erreichen einer vollkommenen Gleichartigkeit der Masse. Letztere hängt wieder von der zweckmäßigen Bauart der Mischer, die in stehender und liegender Form ausgeführt werden, ab. Abb. 10 und 11 zeigen ein normales stehendes Rührwerk (Mixer) mit rechtsdrehender Flügelbewegung. Im Innern sind zwei Kühlschlangen angeordnet, durch die die Rührflügel hindurchstreichen, und die somit dazu beitragen, daß die Rührwirkung durchgreifend ist. Der Rührwerkmantel ist ebenfalls gekühlt, denn es ist notwendig, daß bei dem Lösevorgang die Temperatur von 15 °C eingehalten wird. Je nach der Anordnung der Rührwerke dauert der Lösevorgang 3½ bis 5½ Stunden, als Mittelleistung kann die Lösedauer von 4 bis 4½ Stunden gelten. Das in Abb. 12 dargestellte Rührwerk hat im Innern keine Kühlschlangen, dagegen ist es mit versetzt angeordneten Rechen, die als Wellenbrecher wirken, ausgestattet. Der Kühlmantel ist reichlich bemessen und das Rührwerk zweiteilig ausgeführt. Letzteres, durch Kegelräder angetrieben, ist im oberen Teil rechts- und im unteren Teil linksdrehend. Gleichzeitig ist dieser Apparat vollständig geschlossen ausgeführt, er kann unter Luftdruck gesetzt und dadurch als Montejus gebraucht werden, was den Vorteil

Abb. 17. Viskoselagerkessel. M. rd. 1 : 50.

a Flüssigkeitsstand
b Vakuummesser
c Absaugestutzen
d Füllstutzen
e Stutzen zum Anschluß der Luftsaugepumpe
f Stutzen zum Anschluß der Druckluftpumpe
g Probierhahn
h Mannloch
i Ablaßstutzen.

hat, daß man die fertige Viskose nicht zu pumpen braucht. Ein liegendes Rührwerk, auch Muldenmischer genannt, ist in Abb. 13 und 14 veranschaulicht. Es ist mit zwei gesondert angetriebenen Rührwerkvorrichtungen, von denen die eine als Propeller, die andere als Rechenrührer wirkt, ausgerüstet. Der schnell umlaufende Propeller (200 Uml./min), schleudert die Masse in die Mitte des Rührwerkes. Hier wird sie von dem mit etwa

Abb. 18 und **19.** Stirnansicht und Querschnitt einer Zentrifugen-Spinnmaschine mit Schneckenradantrieb.

a Antriebe
b Spinntöpfe
c verbleite Kammern
d durchgehender Kanal
e Scheidewand
f Rohre zur Aufnahme der Viskose
g Zahnradpumpen
h Filterkerzen
i Düsen
k Fällbad
l Glasrollen
m Spinntrichter
n abnehmbare Deckel
o Hebel
p Hauptantrieb
q stehende Welle
r Schneckengetriebe
s Herzexzenter
t Kupplungsstelle
u Antriebwellen für Spinnpumpen.

Abb. 20. Spinnmaschine für Viskoseseide.

30 Uml./min umlaufenden Rührwerkrechen gefaßt, zerkleinert und gut durchgemischt. Auch werden in vielen Fällen die Rührwerke mit Zerkleinerungspumpen und Zerreibmaschinen ausgestattet. Diese Maschinen haben den Zweck, etwa in der Viskose noch verbliebene Klümpchen und Knoten zu zermahlen, jedoch sind solche Vorrichtungen bei gut arbeitenden Mischern nicht notwendig.

Im allgemeinen sind Sulfidiertrommeln und Rührwerkmischer aufeinander abgestimmt, d. h. zu jeder Sulfidiertrommel für 100 kg Trockenzellulose gehört ein Mischer. In größeren Fabriken, wo die Beschickungseinsätze von je 100 kg Zellulose rasch aufeinander folgen, werden diese, bevor sie in den Viskoseraum gelangen, nochmals gut durchgemischt. Hierzu bedient man sich großer liegender Mischtrommeln von 6000 bis 12 000 l Inhalt. Solche Nachmischer, Abb. 15 und 16, sind zwischen der Viskose-Reifestelle und den Mischern eingeschaltet. Sie sind zylindrisch, mit Kühlmänteln ausgerüstet und haben eine Armatur, die es ermöglicht, das ganze Rührwerk unter Luftdruck zu setzen und die gemischten Viskosesätze in die Viskose-Vorbereitungskessel zu drücken. Im allgemeinen genügen hierzu 5 bis 6 at Betriebsluftdruck. Die eigenartige Form des Rührers gewährleistet eine schnelle und gute Mischung der verschiedenen Sätze. Das Mischen dauert etwa eine halbe Stunde.

Von dem Nachmischer gelangt die Viskose durch Luftdruck in die Vorbereitungskessel und von diesen nach dreimaligem Durchlaufen von Filterpressen in die eigentlichen Spinn- oder Lagerkessel, Abb. 17. Solche Lagerkessel werden stehend oder liegend angeordnet. Für Luftüberdruck von 5 bis 6 at und Luftverdünnung eingerichtet, werden die Kessel in einer Größe von 2000 bis 6000 l

Abb. 21. Schneckenradgetriebe und Spinntopf der Topham-Spinnmaschine. M. rd. 1 : 1,7.

Spinnfilter
Bleiauskleidung
Glasrohr
Spinnpumpe
Fällbad
Düsenhalter
Viskoserohr
Pumpenwelle

Abb. 22. Anordnung einer Spinnpumpe mit Filter und Golddüse.

ausgeführt. Sie müssen mit allen Armaturen für Befüllung, Entleerung, Luftdruck und Luftleere ausgerüstet werden.

Während in den Sulfidiertrommeln die Alkalizellulose durch die Berührung mit CS_2 in Zellulosesulfokarbonat übergeführt wurde, hat sich dieses jetzt durch die weitere Behandlung in Sulfokarbonatlösung verwandelt, die nach einer Alterung oder Reife von drei bis fünf Tagen spinnfertig ist. Die Temperatur des Sulfokarbonats in den Kesseln muß dauernd niedrig gehalten werden. 12 bis 15 °C sind in der Regel aber nur zu halten, wenn der Viskoseraum mit künstlicher Kühlung versehen wird. Ebenso ist es wichtig, die Viskose mit dem richtigen Reifegrad zu verspinnen.

Die Spinnmaschinen.

Die Seidenfäden werden nun aus der fertig gereiften Viskose auf Spinnmaschinen gebildet. Man unterscheidet hierbei Spulenmaschinen und Zentrifugenmaschinen. Bei der ersteren werden die aus den feinen Düsen ausgezogenen Fäden durch ein Fällbad geleitet und auf Spulen aufgewickelt; bei den Zentrifugenmaschinen dagegen werden die Fäden in Töpfe gesponnen und dann abgehaspelt. Die Spulenmaschinen kommen hauptsächlich für die feinere Auslese in Frage, sie erfordern aber eine umfangreiche Zwirnerei und besondere Spulenwäscherei. Die Arbeitslöhne stehen bei Spulen- und Zentrifugenseide in einem Verhältnis von etwa 0,85 zu 0,45 *M*. Beide Zahlen beziehen sich auf 1 kg Seide. Die Herstellung der Zentrifugenseide ist also bedeutend billiger, und die Spulenmaschinen werden deshalb nach und nach durch die Zentrifugen-Spinnmaschinen verdrängt werden, insbesondere wenn es sich um die Feinheitsgrade über 120 Denier handelt. Die meisten der neu errichteten Seidenfabriken haben sich denn auch auf solche Maschinen eingestellt.

Abb. 18 und 19 zeigen eine Zentrifugenmaschine. Das Gestell, die Hauptrahmen und Füße bestehen aus kräftigem, leicht auseinandernehmbarem Rippenguß. Bei den normalen, doppelseitig gebauten Maschinen sind auf jeder Seite dreißig Antriebe angeordnet. Im übrigen ist die Maschine mit Holz verkleidet und an den Stellen, die mit Säure in Berührung kommen, mit Weichblei überzogen. In der Mitte der Maschine liegen in symmetrischen Reihen angeordnet die Antriebe *a* für die Spinntöpfe *b*. Die Antriebe *a* bestehen aus einem Schneckenradgetriebe in gußeisernem Gehäuse. Dieses Schneckenradgetriebe mit zweiteiliger lotrecht angeordneter Spindel ermöglicht ein Aufsetzen und Abheben der Spinntöpfe während des Betriebes bei 5000 Umläufen in der Minute. Die Töpfe *b* laufen in verbleiten Kammern *c*, die an einen gemeinschaftlichen, durch die ganze Länge der Maschine hindurchgehenden Kanal *d* angeschlossen sind. Die Scheidewand *e* teilt den Kanal *d* in zwei Teile und verhindert, daß die von den Töpfen abgeschleuderten Säurespritzer in die Topfkammern gelangen. Die Säurenebel und Dämpfe werden mittels Sauglüfters, der an dem einen Ende des Kanals *d* angeschlossen ist, abgesaugt. Man drückt die Viskose mit Luft in die beiderseits der Maschine an-

Abb. 25 und 26. Haspelmaschine für Zentrifugen-Kunstseide.

Abb. 23. Einseitige Spinnmaschine mit Einzelantrieb durch Elektromotor und Reibräder.

geordneten Rohre *f*. Von diesen gelangt sie durch die kleinen Zahnrad- oder Kolbenspinnpumpen *g* in bestimmter Menge in die Filterkerzen *h*. Hier wird die Viskose durch Watte und Leinewand gefiltert und durch Glasrohre in die Düsen *i* gedrückt. Letztere, die aus Gold, Platin oder Glas bestehen[1]), haben feine Löcher von 0,1 mm Dmr. in solcher Anzahl, daß ein Loch einer Seidendicke von etwa 7,5 Denier entspricht. Sollen z. B. 150 Denier gesponnen werden, so muß die Düse 20 Löcher von 0,1 mm Dmr. haben. Der aus den Düsen austretende Seidenfaden gelangt durch das Fällbad *k* auf die Glasrollen *l* und von hier in die Spinntrichter *m* und die Spinntöpfe *b*, die, wie vorerwähnt, in Kammern *c*, die durch abnehmbare Deckel *n* verschlossen sind, umlaufen. Die Geschwindigkeit der Glasrollen ist veränderlich und richtet sich nach der Dicke des zu spinnenden Fadens. Die Ablaufgeschwindigkeit soll aber im allgemeinen 45 m/min nicht überschreiten. Die. Glasrollen werden, wie aus Abb. 18 und 19 hervorgeht, durch Kegelräder angetrieben, die ihre Geschwindigkeit mittels Zahnräder auf die Wellen der Glasrollen übertragen. Der Glastrichter *m* in Abb. 19 wird durch den Hebel *o*, Abb. 18 und 19, auf- und abbewegt. Hebel *o* wird vom Hauptantrieb *p* der Maschine aus durch eine stehende Welle *q* angetrieben, die mittels Schneckengetriebes *r* das Herzexzenter *s* in Bewegung setzt. Bei *t* sind Kupplungen eingebaut, die die Wellen der Antriebe *a*, Abb. 19, antreiben. Die Spinnpumpen-Antriebwellen *u* werden durch ein schwenkbares Wechselrädervorgelege in Drehung gesetzt. Durch Wechselräder kann die Umlaufzahl der Spinnpumpen-Antriebwellen verändert und entsprechend der zu verspinnenden Seidendicke eingestellt werden.

Abb. 20 zeigt die Außenansicht der Maschine. Außer den für den Betrieb sehr wichtigen Spinntopfantrieben, Abb. 21, ist die Spinnpumpe ein nicht zu unterschätzender Teil der Spinnmaschine. Hiervon gibt es verschiedene Arten, und zwar Zahnrad- und Kolbenspinnpumpen. Den Spinnpumpensatz, also Pumpe, Filter, Düse und Fällbad, zeigt Abb. 22.

Während die vorstehend beschriebenen doppelseitigen Spinnmaschinen mit Antrieben ausgerüstet sind, die reihenweise durch sogenannte Knorpelkupplungen miteinander verbunden sind, ist in Abb. 23 eine einseitige Maschine dargestellt, die einzeln durch Reibräder angetrieben wird. Diese ermöglichen ein Stillsetzen eines jeden einzelnen Antriebes während des Vollbetriebes der Maschine. Das ist sehr angenehm für den Fall, daß einmal ein Antrieb schadhaft wird und ausgewechselt werden muß.

Die neueste Art der Zentrifugenmaschinen sind die mit Elektromotor-Einzelantrieb für jede Spindel. Abb. 24 zeigt eine Zentrifugen-Spinnmaschine, ausgerüstet mit Siemens-Schuckert-Antrieb. Diese Zentrifugen haben allen andern gegenüber vor allem den Vorteil, daß viele mechanische Übertragungsteile, wie Wellen, Kupplungen, Lager, Getriebe usw., fortfallen, statt dessen wird die Leistung durch Kabel unmittelbar an die Stelle gebracht, wo sie erforderlich ist. Das An- und Abstellen jedes einzelnen Antriebes ist sehr leicht möglich, ohne daß der Betrieb der übrigen Spinnstellen behindert wird, und die Umlaufzahl der Zentrifugen ist lediglich von der Frequenz des Drehstromes abhängig. Die eigentliche Zentrifuge ist sehr leicht (4½ kg) und läßt sich bequem in den Spinnstuhl ein- und ausbauen. Der meist vorhandene Drehstrom von

Abb. 24. Doppelseitige Ratinger Spinnzentrifuge mit Siemens-Schuckert-Einzelantrieb durch unmittelbar gekuppelte Motoren.

[1]) Neuerdings werden von den Hermsdorf-Schomburg-Werken in Verbindung mit Carl Zeiß, Jena, die Spinndüsen auch aus Porzellan hergestellt, die mit einem Druck von 6 at geprüft werden und bei denen große Genauigkeit der Bohrung gewährleistet wird. Diese Porzellandüsen haben sich seit etwa zwei Jahren im praktischen Betriebe bewährt. Die Schriftleitung.

50 Per./s wird mittels eines in der Zentrale zur Aufstellung kommenden Periodenumformers auf die für die Zentrifugen erforderliche Frequenz gebracht. Der Strom wird innerhalb des Spinnstuhles von zwei Hauptkabeln verteilt, von denen die Leitungen zu den einzelnen Spinnstellen abzweigen. Die Abzweige sind durch eine sinnreiche Steckeinrichtung mit den Bremsschaltern vereinigt. Durch Änderung der Frequenz besteht die Möglichkeit, die Drehzahl der Zentrifugen auf einfache Weise zu regeln. So kann man sich jedem zu spinnenden Titer leicht anpassen. Im übrigen ist die Bauart des Spinnstuhles selbst grundsätzlich genau so wie der Maschine, Abb. 18 bis 20.

Die auf den Spinnmaschinen erzeugten Spinnkuchen, die einen Durchmesser von etwa 150 mm haben, werden in den Haspelraum gebracht und auf den Haspelmaschinen, Abb. 25 und 26, zu Strängen abgehaspelt. Der Kraftbedarf für die Haspelmaschinen ist gering; er beträgt ¼ PS für zwei Haspelkronen, die zu einer Abteilung gehören. In 10 Stunden erhält man 40 bis 50 Abzüge. Die abgehaspelten Stränge werden dann in einem Wasserbad entsäuert und in Holzkufen von Hand oder in selbsttätigen Waschmaschinen mechanisch gewaschen. Hierauf werden die Stränge geschleudert und unter Spannung bei 70 bis 80 °C getrocknet.

Die getrockneten Stränge haben natürlich noch die von den Schwefelverbindungen herrührende gelbliche Färbung, die durch Bleichen in ein blendendes Weiß verwandelt wird. Für die Bleicherei kommt in den größeren Fabriken mechanische und bei den kleineren Betrieben Handverarbeitung in Frage. Die Reihenfolge der Bleichereibäder ist: 1. (NaS), 2. H_2O, 3. Cl, 4. H_2O, 5. HCl, 6. H_2O, 7. Cl, 8. H_2O, 9. Seife, 10. Seife. An Stelle von Seife verwendet man auch Paraffin, das den Zweck hat, die Seide griffig und geschmeidig zu machen. Die gebleichte Seide kommt von den Bleichereibottichen zunächst auf die im Bleichereiraum stehenden Zentrifugen. In ihnen wird die von dem Seifen- oder Paraffinbad her anhaftende Flüssigkeit abgeschleudert.

Gefärbt wird die Kunstseide im allgemeinen in Strängen, entweder von Hand in besonderen Kufen oder maschinell in Strangfärbemaschinen. Letztere bieten natürlich eine bedeutende Ersparnis an Arbeitslöhnen und gewährleisten ein gleichmäßiges, vollkommen durchgefärbtes Erzeugnis. Auf besonderen Vorrichtungen oder in Räumen, die auf gleichmäßiger niedriger Temperatur gehalten werden, wird die Seide nachgetrocknet.

Die so erzeugte Seide kommt in Strangform in den Handel und wird auf besonderen Maschinen für die Weiterverarbeitung hergerichtet. Hierzu gehört in erster Linie das Zwirnen und Dublieren. Geschmackvolle Wirkungen werden, insbesondere wenn es sich um gute Ware handelt, durch das Zwirnen mehrerer Fäden erzielt. Eine neuzeitliche und vollkommene Zwirnerei ist unerläßlich für die Herstellung aller Arten von Seidenwaren, wenn sie den höchsten Ansprüchen genügen sollen. [B 672]

Neuerungen in der Holzverleimung.

Auf dem Gebiete der Holzverleimung sind in letzter Zeit sehr wertvolle Erzeugnisse entstanden, die in ihrer heutigen Durchbildung schon bemerkbar mit dem Knochen- und Lederleim in Wettbewerb treten können. Dies sind die sich immer größerer Beliebtheit erfreuenden, unter der Bezeichnung von Kaltleim zusammengefaßten Klebstoffe aus tierischen oder pflanzlichen Eiweiß- und Stärkekörpern.

Für die Holzindustrie kommen vor allem die aus tierischem Eiweiß, wie Kasein, Blutalbumin usw., hergestellten Kaltleime in Frage. Bekannt war die Herstellung solcher Leime aus Käsequark oder Blut schon lange, und mancher alte Tischlermeister stellte sich nach überliefertem Geheimverfahren seinen Quarkleim selbst her und schwor auf die große Klebekraft dieses Leimes. Nicht mit Unrecht, denn richtig hergestellt hat der Kaseinleim eine ganz außerordentlich hohe Klebekraft. Vergleichende Prüfungen in staatlichen Materialprüfungsanstalten haben bei den geeignet hergestellten Leimen überraschend hohe Zahlen in bezug auf Fugenfestigkeit ergeben, die höher waren als die von bestem Lederleim. Ein andrer Umstand bedeutet aber eine ausgesprochene Überlegenheit des Kasein-Kaltleimes gegenüber dem Knochen- oder Lederleim, das ist die nach einer gewissen Zeitspanne eintretende Wasserfestigkeit. Diese wichtige Eigenschaft hat dazu geführt, daß in der Flugzeugindustrie, im Wagen- und Schiffbau usw. Kaltleime bevorzugt werden.

Der Kaltleim braucht bei seiner Verarbeitung nicht eingeweicht und aufgekocht zu werden, sondern er wird einfach mit der entsprechenden Menge kalten Wassers angerührt, ist nach kurzer Zeit des Aufschließens gebrauchsfertig und bleibt es auch während acht bis zehn Stunden.

Trotz der genannten Vorzüge ist die Verwendung der alten Tischlerleime doch noch ganz bedeutend. Noch zwei Eigenschaften kommen hinzu, die bisher den Lederleim mit Recht im Holzgewerbe noch nicht entbehrlich werden ließen, das ist einmal die Fähigkeit des Lederleimes, in kurzer Zeit so fest zu werden, daß Leimungen bereits nach einer Stunde aus der Zwinge genommen und weiterverarbeitet werden können. Bei Kaltleim war dies bisher nicht möglich. Für Massenerzeugung ist dieser Umstand natürlich ganz außerordentlich wichtig.

Der Grund dieser Verschiedenheit liegt in der Art des Festwerdens der beiden verschiedenen Leimgruppen. Das Festwerden von Lederleim beruht auf einem physikalischen Vorgang, nämlich auf Erkalten und Verminderung des Wassergehaltes, während das Festwerden oder Abbinden der Kaseinleime zum größten Teile auf chemische Umsetzungen zurückzuführen ist, die langsamer verlaufen als das Erkalten. Es dürfte aber auch gelingen, diese Nachteile des Kaltleimes zu beheben, und es wird jetzt bereits ein sogenannter Schnellbinder angeboten.

Sollte sich dieses Verfahren bewähren, so würde es einen ganz außerordentlichen Fortschritt auf dem Gebiete der Holzverleimung bedeuten, denn alles drängt heute auf Massenerzeugung hin.

Ähnlich verhält es sich mit einem andern Übelstand des bisher üblichen Kaltleimes. Bei gewissen Hölzern ruft der Kaltleim leicht Flecke an den Rändern usw. hervor, z. B. bei dünnen Eichenfurnieren. Auch hier ist die chemische Beschaffenheit, nämlich der hohe Alkaligehalt des Kaltleimes, die Ursache. Bisher hatte man aber kein Mittel, diesen Übelstand zu beseitigen, da die hohe Klebekraft der Kaltleime durch die alkalische Beschaffenheit bedingt wird.

Blutalbumin zeigt auch eine ganz außerordentlich hohe Klebekraft, und die Verwendung würde bei dem niedrigen Preise des Rohstoffes bedeutend größer sein, wenn nicht das Blutalbumin mit Wasserzusatz dem Leim eine dunkle Farbe gäbe, und daher nur für rohe, nicht sichtbare Verleimungen in Frage kommt.

Es ist nicht zu leugnen, daß in dem Kaltleim dem früheren Tischlerleim ein Mitbewerber entstanden ist, der bei weiterer Vervollkommnung der Herstellungsweise auf dem Gebiete der Holzverleimung umwälzend werden könnte. Daß dabei für Knochen- und Lederleim noch viele Gebiete erhalten bleiben, ist anzunehmen; denn das Wesen dieser Leime ist ganz anders als das des Kaltleimes. [N 996]

Hamburg. G. Lienig.

Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik.

Der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik hielt am 20. und 21. November im Ingenieurhause zu Berlin seine diesjährige Hauptversammlung ab. Der starke Besuch der Vorträge zeigte die große Bedeutung der Werkstoffragen. Die Werkstofforschung und die Normungsbestrebungen auf diesem Gebiete geben den Arbeiten des Verbandes besonderen Wert. Die Vielartigkeit der behandelten Gebiete kam im Geschäftsbericht und in den Berichten der Arbeitsausschüsse zum Ausdruck.

In bezug auf Forschung und teilweise auch in bezug auf methodische Prüfung stehen wir heute am Anfang zusammenstellender und organisch aufbauender Arbeit. Am weitesten gefördert ist das Gebiet der Metalle. Daher waren, um ein Beispiel möglichst weitgehend behandeln zu können, die Vorträge des wissenschaftlichen Teiles der Verhandlungen aus dem Gebiete der metallischen Werkstoffe gewählt. Prof. Dr. Keßner, Karlsruhe, hob in seinem Vortrage über „Die Bedeutung der Stoffkunde für das wirtschaftliche Leben und ihre Pflege an den technischen Hochschulen" die Vielseitigkeit des Arbeitsgebietes der Stoffkunde hervor und trat für eine weitgehende Förderung an den Schulen und in den Betrieben ein. Prof. Dr. Körber, Düsseldorf, gab in seinem Bericht „Der heutige Stand der Werkstofforschung" einen Überblick über die Mittel der Forschung, das bisher Erreichte und die Richtungen, in denen sich die Arbeiten bewegen. Dr. Moser, Essen, sprach über „Die Werkstoffprüfungen in der Praxis". Er berichtete über die heute gebräuchlichen Prüfverfahren, kennzeichnete ihren Wert und ihre Anwendungsmöglichkeiten.

Die Vorträge werden demnächst zum Teil in dieser Zeitschrift veröffentlicht werden. [N 1168] D.

Die Schmierung der unter Dampf gehenden Teile der Heißdampflokomotive.

Von R. P. Wagner, Oberregierungsbaurat a. D., Mitglied des Eisenbahn-Zentralamtes, Berlin.

Es wird gezeigt, wie die Einführung des Heißdampfes in den Lokomotivbetrieb die Anwendung neuer Ölsorten und Hochdruck-Kolbenschmierpumpen erforderlich machte. Der Entwicklungsgang der bei der Reichsbahn verwendeten Pumpen und ihre Einrichtung wird kritisch beschrieben. Im Anschluß daran werden auch die neben den Pumpen zur Schmieranlage gehörigen Einrichtungen und deren Erfordernisse geschildert.

Voraussetzungen für die Schmierung.

Als um die letzte Jahrhundertwende hochüberhitzter Dampf bei Lokomotiven eingeführt wurde, zeigte sich, daß einmal gußeiserne Flachschieber lediglich deswegen nicht verwendet werden konnten, weil man sie nicht ausreichend zu schmieren vermochte, daß aber auch die Einführung des entlasteten Kolbenschiebers die Schwierigkeiten noch nicht ohne weiteres beseitigte. In erster Linie galt es, ein neues Öl zu finden, das den hohen Temperaturen gewachsen war. Bisher hatten bei der Verwendung von Naßdampf die Schieberkörper, die die am wenigsten gekühlten Teile waren, die Dampftemperatur, also je nach dem Dampfdruck 180 bis 190 °C, angenommen. Es genügte also völlig ein Öl mit einem Flammpunkt von 220 bis 230 °C. Um sparsamen Verbrauch zu erreichen, wählte man ein solches mit möglichst hoher Viskosität und ließ es durch Kondensationsschmiergefäße, von einem schwachen Hilfsdampfstrom mitgerissen, sich dem Hauptdampfstrom beimengen. Da der Sattdampf wegen seines unvermeidlichen Wassergehaltes ohnedies eine schwache Filmbildung zwischen den sich unter Dampf bewegenden Teilen begünstigte und das Schmieröl durch das Wasser sehr fein verteilt wurde, so war auf diese Art eine sparsame und wirkungsvolle Schmierung zu erreichen. Die klassische Form eines solchen Kondensations-Schmierapparates, an dem man die Schmierölmenge einstellen konnte, wurde in Amerika von der Nathan Manufacturing Co. ausgebildet und in Deutschland in der äußerlich veränderten Ausführung, Abb. 1 bis 3, von de Limon, Fluhme & Co., Düsseldorf, bei Naßdampflokomotiven allgemein verwendet.

Es muß hier darauf hingewiesen werden, daß das Schmieren bei Kolben- oder Flachschiebern und Dampfkolben grundsätzlich anders vor sich geht als bei Lagern. Bei diesen wird, soweit sie einen Zapfen allseitig umschließen, der Ölfilm durch die Relativbewegung der aneinander gleitenden Oberflächen mit geringer Geschwindigkeit umgewälzt, gleichzeitig durch den Lagerdruck allmählich axial nach beiden Zapfenenden hin verschoben und schließlich an beiden Enden aus dem Lager hinausgedrückt. Jedes Ölteilchen legt also, wenn es dem Lager an einem Punkte der Oberfläche in der Mittellinie der Druckfläche zugeführt wird, eine flache Schraubenlinie zurück um den Zapfen herum, bis es aus der Druckfläche heraustritt. Bei einem einseitig auf dem Zapfen aufliegenden Traglager vollzieht sich der Vorgang ähnlich, nur daß das Ölteilchen nach dem Verlassen der Druckzone weiter am Zapfen haftet, bis es beim Wiedereintritt in die Druckzone durch einen sanft gebrochenen Einlauf wieder eingefädelt wird. Fast stets wird die drucklose Zone dazu benutzt, den Lagerkörper zu unterbrechen und durch Zwischenschalten von Schmierpolstern oder andern Vorrichtungen der Zapfenoberfläche neuen Schmierstoff zuzuführen.

Bei Dampfschiebern oder Kolben ist der Vorgang anders: hier wird ein Körper auf einer Oberfläche hin- und hergeschoben, ohne dauernd mit allen Teilen von ihr in Berührung zu sein. Die gesamte Oberfläche muß also möglichst mit Schmierstoff bedeckt sein, den der Schieber oder der Kolben, der meist noch des besseren Dampfabschlusses wegen mit Ringen versehen ist, bei seinem Hin- und Hergang abzuschaben versucht. Die Ringe übernehmen hierbei die Rolle von Schabern. Auch wenn beim Einsetzen ihre Kante sauber zu einer Einlauffase gebrochen war, wird sie bald infolge des natürlichen Verschleißes wieder scharf und streift das Öl ab. Sogar Gratbildung ist häufig zu beobachten. Der ganze Schmiervorgang ist also denkbar ungünstig, verglichen mit der Schmierung sich drehender Teile, um so mehr, als er bei einer Temperatur verläuft, bei der sich die Viskositätszahl aller Öle kaum noch von 1, also der des Wassers, unterscheidet. Dieser offenkundige Mangel der Schiebersteuerung ist darum stets der Punkt gewesen, an dem die Verfechter der Ventilsteuerungen anknüpften, ohne zu berücksichtigen, daß zwar ein Ventilteller keine Schmierung erfordert, daß aber die durchaus notwendige Schmierung der Spindelführungen ebenfalls kaum einwandfrei durchzuführen ist.

Ernsthafte Schwierigkeiten bei der Schmierung unter Dampf gleitender Flächen traten erst dann hervor, als aus wirtschaftlichen Gründen die Dampftemperatur bei der Einführung des Heißdampfes über etwa 280 bis 300 °C hinaus auf 350 bis 370 °C erhöht wurde. Eine Weiterverwendung des früheren Naßdampföles kam nicht in Frage, da es bei höchstens 270 bis 280 ° restlos verdampfte; wärmer durften also die eingesetzten Schieberbüchsen nicht werden. Tatsächlich aber nehmen sie ebenso wie die Schieberkörper eine Temperatur fast gleich der des Dampfes an; es mußte also nach einem neuen Schmiermittel gesucht werden.

Dieses fand man in Rückständen bei der fraktionierten Destillation pennsylvanischer Rohöle. Diese konnten durch leichtes Raffinieren, d. h. Behandeln mit Säuren und Neutralisieren der Säurereste, technisch ausreichend gereinigt werden und erhielten bei Lufttemperatur eine fast breiartige Beschaffenheit. Bei der Verbrauchstemperatur unterscheidet sich die Zähflüssigkeit des sogenannten Heißdampföles allerdings kaum noch von der des Wassers, doch zeichnet es sich durch gute Haftfähigkeit an eisernen Wandungen aus. Gleichzeitig erhält es sich gut in schmierfähigem Zustand, insbesondere wenn es mit einem Zusatz vegetabilischer Öle hoher spezifischer Wärme versehen wird. Die Verdampfungstemperatur des Öles, oberhalb deren eine Haftung an Oberflächen ausgeschlossen ist, läßt sich auf 360 bis 390 °C erhöhen. Für entscheidend wurde eine Zeitlang der Flammpunkt des Heißdampföles gehalten, der nach dem Untersuchungsverfahren von Pensky-Martens auf 305 bis 315 °C und noch höher hinaufzutreiben ist. Da die Fraktionierung aus technischen Gründen nicht chemisch genau erfolgt, verbleiben in dem Restöl kleine Mengen niedriger siedender Bestandteile, die schon bei diesen Temperaturen und darunter verpuffen; allerdings nur dann, wenn entweder der Dampf genügende Mengen Luft für eine Verbrennung enthält oder der Außenluft bei Leerlauf Zutritt zu dem über den Flammpunkt hinaus erhitzten Schieberkasten gestattet wird. In solchen Fällen verbrennt das Öl praktisch flammlos auf den Gleitflächen sofort nach dem Zutreten der Luft beim Reglerschluß, wie oft durch das Austreten einer Wolke blauer Verbrennungsgase aus dem Luftsaugventil festgestellt werden kann. In den Vereinigten Staaten, wo in der Regel die Kolbenschieber größere Durchmesser als hier erhalten und reichlicher geschmiert werden, ist oft sogar das Herausschlagen von Flammen aus den Luftsaugventilen beobachtet worden.

Daher hat sich in neuerer Zeit bei der Reichsbahn die Überzeugung Bahn gebrochen, daß das Luftsaugventil vom Übel ist. Statt seiner sollten die Umlaufkanäle zwischen beiden Zylinderenden so weit gemacht werden, daß bei Leerlauf keine nennenswerten Druckunterschiede auf beiden Kolbenseiten mehr auftreten können. Versuche mit derartigen Einrichtungen haben ergeben, daß die Dampftemperatur während beliebig langer Fahrzeiten auf 360 bis 370 °C und darüber gehalten werden kann, ohne daß die Gleitflächen trocken werden. Unterstützt wird hier der Schmiervorgang dadurch, daß anscheinend bei hohen Dampftemperaturen das Öl an den Gleitflächen „krackt", d. h. sich in hoch- und niedrigsiedende Bestandteile spaltet, von denen die letzten mit dem Betriebdampf abziehen; dagegen haften die hochsiedenden weiter und vertragen anstandlos höchste Temperaturen, da ihr Verdampfungspunkt kaum wesentlich

Abb. 1 bis 3. Sichtöler von de Limon, Fluhme & Co.

unter 400° liegen kann. Auch Fahrversuche mit Dampftemperaturen von 400° sind daher in letzter Zeit mit Erfolg durchgeführt worden.

Schon in der Kindheit der Heißdampflokomotive stellte sich heraus, daß bei Kolbenschiebern die bisher üblichen breiten federnden Ringe von T-, L- oder U-Form sich nur bei Dampftemperaturen bis etwa 300° und bei Anwendung sehr reichlicher Schmierölmengen bewährten; auch z. B. in Süddeutschland werden sie noch heute unter diesen Vorbedingungen verwendet. Bei großem Schmiermittelverbrauch aber verschmutzen die schädlichen Räume und Ausströmrohre sehr stark durch Ölrückstände.

Für hohe Temperaturen mußte etwas Neues gefunden werden, und Schmidt und Garbe, die beiden Vorkämpfer des Heißdampfes bei der Lokomotive, versuchten es zuerst mit der Weglassung jeglicher Dichtringe bei den Kolbenschiebern. Die Gleitflächen der Büchsen und der Schieberkörper wurden also sauber geschliffen. Um bei der großen Dünnflüssigkeit des Heißdampfes die Lässigkeitsverluste trotzdem in mäßigen Grenzen zu halten, verlangte man größte Maßgenauigkeit. Sogar die Schleiftemperaturen beider Teile wurden genau bestimmt. Die der Büchse sollten richtigerweise etwa 20° unter der des Körpers liegen. Unter diesen Umständen sollte ein Durchmesserunterschied von wenigen Hundertstel Millimetern innegehalten werden. Die Büchsen wurden, damit sie sich beim Anfahren ebenso schnell wie die Schieber

Abb. 4. Garbe-Schieber ohne federnde Ringe.

dehnten, mit Heizkanälen versehen. Die Anordnung eines solchen Schieberkörpers mit Büchse ist in Abb. 4 dargestellt.

Die Bauform war richtig durchdacht, man hatte jedoch keine Rücksicht auf den damaligen Stand der Schleif- und Meßtechnik genommen; auch waren die Schmiervorrichtungen unvollkommen. Der Erfolg blieb daher versagt.

Um unzulässige Verkrustungen durch überschüssige Schmiermittel zu verhindern, mußte man sich versagen, wie früher beim Naßdampf das Öl dem Dampf beizumischen. In den Ländern, wo dies heute noch üblich ist, leidet man sehr unter der Verengung der Abdampfleitungen und unter dem hohen Ölverbrauch. Man entschied sich also richtig dafür, das Öl nicht wahllos über alle Oberflächen im Schieberkasten und Zylinder zu versprühen, sondern es durch Druckschmierung in Tropfenform den Gleitflächen unmittelbar zuzuführen. Das geschah zuerst durch Schmierpressen verschiedener Bauart, bei denen eine Anzahl Tauchkolben durch eine gemeinsame Spindel bewegt werden und, von einer gekuppelten Achse angetrieben, gleichmäßig niedergehen. Dem verschiedenen Ölbedarf der einzelnen Schmierstellen wurde durch den verschiedenen Durchmesser der Tauchkolben entsprochen. Diese Pressen, von denen eine in Abb. 5 und 6 dargestellt ist, hatten verschiedene, nicht zu behebende Mängel. Einmal beanspruchten sie die Antriebgestänge ungünstig und verschlissen selbst vorzeitig, da alle Druckhübe in die gleiche Zeit fielen, also die Widerstände aller Kolben beim Durchdrücken des Öles durch die engen, in der Nähe des Zylinders oft verkrusteten Schmierleitungen gleichzeitig zu überwinden waren. Außerdem aber konnten alle Schmierstellen nur durch Ändern der Hebellänge gleichmäßig stärker oder schwächer geschmiert werden; verlangte eine Schmierstelle, wie es oft vorkommt, zeitweilig mehr Öl als sonst, so mußten auch alle andern nutzlos durch Nachkurbeln von Hand mitgeschmiert werden und verkrusteten dadurch. Die Pressen befriedigten also keineswegs.

Endlich wurden die ringlosen Büchsen und Schieber nach verschiedenen Versuchen zugunsten der Schieber mit schmalen federnden Ringen nach der Bauart von Davy-Robertson verlassen. Zuerst wurde die in Abb. 7 dargestellte Ausführung mit doppelter Einströmung allgemein bei allen damals beschafften preußischen Lokomotivgattungen verwendet, zuerst mit 200, später mit 220 mm Schieberring-Durchmesser. Bei dieser Ausführung hatte jeder Schieberkörper 8, eine Zweizylinderlokomotive also 32 Ringe. Als Versuche ebenso wie die theoretischen Ermittlungen von Strahl ergaben, daß die doppelte Einströmung unnötig ist und die Völligkeit der Schaulinie auch bei höchsten Drehzahlen nicht leidet, wurde allgemein der Schieberkörper der noch jetzt bei der Reichsbahn üblichen Regelbauart mit 220 mm Dmr., einfacher Einströmung und vier Ringen nach Abb. 8 eingeführt. Damit wurde die Zahl der Schieberringe auf die Hälfte vermindert. Die Davy-Robertson-Schieberringe wurden zuerst nur in Schweden hergestellt, später auch von einer kleinen Zahl deutscher

Abb. 5 und 6. Schmierpresse von Ritter.

Abb. 7. Schieber mit schmalen Ringen und doppelter Einströmung.

Abb. 8. Schieber mit schmalen Ringen und einfacher Einströmung.

Abb. 9.

Abb. 10. Schnitt A-B.

Abb. 9 bis 11. Einheitsschmierpumpe für Dampfzylinder und Kolbenschieber der Lokomotive für sechs Schmierstellen, Bauart Michalk.

Verteiler
Korkdichtung
Pumpenkolben

Abb. 11. Schnitt C-D.

Firmen. Die Ringe bestehen aus weichem Gußeisen von etwa 120 bis 160 kg/mm² Brinellhärte und möglichst feiner Graphitverteilung; sie werden auf den richtigen Büchsendurchmesser geschliffen und dann geschlitzt. Die radiale Spannung erhalten sie dadurch, daß sie auf der Innenseite, vom Schlitz anfangend, mit allmählich bis zur Mitte steigendem Druck oder steigender Schlagstärke gewalzt oder gehämmert werden. Von der Mitte bis weiter zum Ende nimmt der Walzdruck oder die Schlagstärke dann wieder ab. Durch dieses Verfahren wird ein leidlich gleichmäßiger Anpreßdruck auf dem ganzen Umfang erzielt. Der Vorteil dieser Ringe für den Abschluß des Dampfes leuchtet ein, für die Schmierung jedoch mußten sie die Schwierigkeiten vermehren, da sie wegen ihrer im Verhältnis zur Anlagefläche großen Höhe den Ölfilm leichter verdrängen und mit ihren Kanten abstreifen.

Die **Dampfkolben** waren früher bei den preußischen Naßdampflokomotiven und auch anderorts meist mit zwei breiten federnden Ringen versehen; bei dem dünnflüssigen Heißdampf erschienen mindestens drei Ringe erforderlich. Da nun eine Verlängerung des Kolbens schädliches Gewicht bedeutet hätte, wurde die Breite der einzelnen Ringe vermindert. Infolge dieser Maßnahme nähert sich die Form bis zu einem gewissen Grade den Schieberringen. Da jedoch die Wandtemperatur des Zylinders und die des Kolbens, dem mittleren Zylinderdruck entsprechend, erheblich niedriger als die im Schieberkasten ist, so begegnet im allgemeinen die Zylinderschmierung auch der Heißdampfmaschinen von jeher keinen Schwierigkeiten.

Die Ölpumpen.

Mit der Einführung der schmalen federnden Kolbenschieberringe war die Weiterverwendung der Schmierpressen, deren Schicksal allerdings schon vorher entschieden war, endgültig unmöglich geworden. Für ihren Ersatz kamen nur Schmierpumpen in Frage, bei denen die Ölzufuhr für je eine oder zwei Schmierstellen unabhängig verändert werden konnte, und bei denen die Ölförderung zur leichteren Überwindung der Leitungswiderstände nicht durch langsame Volumenverdrängung durch einen Tauchkolben, sondern durch hin- und hergehende Bewegungen eines kleinen Pumpenkolbens bewirkt wurde.

Im Bau solcher Schmierpumpen war die Firma A. **Friedmann** in Wien schon weit fortgeschritten und hatte verschiedene Bauarten entwickelt. Die am meisten verbreitete von ihnen arbeitete mit je zwei Kolben für jede

Schmierstelle, von denen der eine ein Saugkolben mit unveränderlicher Fördermenge, der andre ein Druckkolben mit einstellbarer Fördermenge war. Die Kolben waren in ihr Pumpengehäuse metallisch eingeschliffen und führten nur Längsbewegungen während des Hubes aus. Der Pumpe haftete aber noch der Mangel an, daß sämtliche Druckkolben ihre Bewegung gleichzeitig ausführten, das Antriebgestänge also stark beanspruchten. Aus diesem Grunde empfahl die Herstellerfirma auch, die Pumpe auf der Plattform der Lokomotive dicht über dem Zylinder unterzubringen.

Diese Forderung erschien in Preußen unerfüllbar, da erstens die Aufstellung der Ölpumpe außerhalb des warmen Führerhauses in den kälteren Landesteilen im Winter zum Einfrieren führen mußte, und da es ferner so nicht möglich war, beim Knurren eines Schiebers während der Fahrt diesem sofort mehr Öl zuzuführen; auch konnte man nicht das ordnungsmäßige Arbeiten aller Kolben durch dauerndes Überwachen des sinkenden Ölstandes in den Vorratgläsern erkennen, da diese Friedmann-Pumpe ein allen Schmierstellen gemeinsames, die Pumpeneinheiten umschließendes Vorratgefäß hatte. Tatsächlich ist die Friedmannsche Schmierpumpe in dieser Form in Österreich und Bayern allgemein zur Anwendung gekommen und hat befriedigt, allerdings in mildem Klima, bei niedriger Überhitzung und unter Zulassung erheblich größerer Ölmengen, als sie in Preußen für nötig und zweckmäßig erachtet wurden.

Hier wandte man sich daher nach einer Reihe von Versuchen mit verschiedenen Bauformen einer an sich baulich unvollkommeneren Pumpenart zu, weil sie die meisten erwähnten Forderungen erfüllte; es war die im Dampfmaschinenbau weitverbreitete Schmierpumpe der Firma Michalk in Dresden-Deuben. In gemeinsamer Arbeit des Eisenbahn-Zentralamtes mit dem Hersteller wurde sie so weit umgestaltet, daß sie bei eingehenden Versuchen den damals erkennbaren betrieblichen Anforderungen entsprach; dann wurde sie als Einheitsschmierpumpe, Abb. 9 bis 11, bei allen preußischen Heißdampflokomotiven eingeführt.

Auch bei dieser Pumpe wird der Antrieb durch Gestänge von einer gekuppelten Achse abgenommen und durch ein Schaltgetriebe auf die Pumpe übertragen; die angetriebene Welle konnte aber leicht gehalten werden und liegt wagerecht in dem alle Pumpeneinheiten vereinigenden Fußgestell. Von ihr wird den nebeneinanderliegenden Einzelpumpen die Bewegung durch Stirnzahnräder übermittelt. Jede Pumpe ist in sich geschlossen durchgebildet und austauschbar am Fußstück angeflanscht, doch sind die Saug- und Druckkanäle durch die Trennfugen hindurchgeführt; die Rohranschlüsse zu den Schmierstellen sind also bei der Regelausführung am Fußgestell vorgesehen. Hierin liegt schon eine Fehlerquelle insofern, als die Dichtung der Kanäle gegeneinander von der Sorgfalt des Aufschabens der Flanschenfläche abhängig gemacht ist. Jede Pumpeneinheit ist nun bei der Regelausführung zur Schmierung von je zwei, bei einer abweichenden Bauform für die Versorgung von je drei Schmierstellen eingerichtet. Die Kupplung zweier Schmierstellen derart, daß sie gleiche Ölmengen erhalten, ist bei Lokomotiven deutscher Bauart unbedenklich, da z. B. die beiden Schieberkörper eines Schiebers und in der Regel auch beide Zylinder der gleichen Schmiermenge bedürfen. Jede Einzelpumpe hat einen besonderen gläsernen, mit Teilstrichen versehenen Vorratbehälter, aus dem das Öl gesaugt wird. Dadurch ist also eine Überwachung der Ölabnahmen möglich, nicht aber kann festgestellt werden, ob das Öl auch zum Zylinder gedrückt wird; bei Undichtheiten innerhalb der Pumpe kann es auch unbemerkt in den Zahnräderkasten des Fußgestelles entweichen. Als Steuer- und Verteilorgan dient ein kegelförmiger, leicht einschleifbarer Drehkörper, der vom Räderkasten aus in langsame Drehung versetzt wird. Dieser Körper hat radiale Bohrungen, deren Mündungen am Umfang abwechselnd die Mündung des Saugkanales und der Druckkanäle überschleifen. Im Innern hat dieser Verteilkörper eine zylindrische Bohrung, in die die radialen Bohrungen münden, und in die der eigentliche Pumpen- (oder Saug- und Druck-) Kolben von der Grundfläche des Kegels aus hineinragt. Er wird von einer Feder gegen den hinter der Kegelgrundfläche liegenden Verschlußdeckel gedrückt und stößt gegen ihn mit zwei oder drei axialen Hubnocken (je nach der Zahl der Ölabnahmestellen einer Pumpeneinheit).

Der Deckel hat entsprechende, ihm entgegengerichtete Nocken, so daß der Kolben, der an der Drehung des Verteilers teilnimmt, während einer Umdrehung zwei (oder drei) Hübe ausführt. Die Nocken sind so gestellt, daß der Verteilerkanal beim Saughub mit der Saugleitung und während des Druckhubes mit einer der Druckleitungen in Verbindung steht. Die Fördermenge kann für jede Pumpeneinheit selbständig durch eine axial verstellbare Spindel im Verschlußdeckel verändert werden; wenn diese zum Teil in das Gehäuse hineingeschraubt und in dieser Stellung festgehalten wird, kann der Förderkolben nicht bis ganz an den Deckel zurückschnellen, saugt also weniger Öl an. Der Druckkolben ist im Verteiler nicht eingeschliffen, sondern nur glatt und etwa im Sinne der Schlichtpassungstoleranzen im Durchmesser gut passend hergestellt. Die eigentliche Dichtung wird bewirkt durch eine Stopfbüchse, bestehend aus mehreren ungeteilten, durch Federdruck angepreßten schmalen Korkringen. Diese Dichtung hat sich nicht bewährt, da die Ringe bei längerem Stillstand der Lokomotive eintrocknen und sich beim Wiederinbetriebsetzen zerreiben; neue Ringe können nicht ohne besondere Vorrichtungen auf den Kolben aufgezogen werden und brechen selbst bei richtigem Aufziehen oft. Da aber ein Ersatz der bisherigen Kolben durch eingeschliffene bei dem großen Durchmesser und der geringen Führungslänge ohne Erneuerung des teuren Verteilers unmöglich war, behielt man sie so lange bei, wie man glaubte, die Pumpe habe nur gegen den Schieberkastendruck zu fördern. Als sich aber, zuerst bei dem minderwertigen Kriegsöl, herausstellte, daß die Schmierleitungen in nächster Nähe der heißen Schieberkasten häufig verkrusteten und einzelne Schmierstellen unter Ölmangel litten, ohne daß die Pumpe Mängel zeigte, mußte vermutet werden, daß in den Druckleitungen häufig weit höhere Drücke als im Schieberkasten zu überwinden seien.

In den letzten Jahren planmäßig durchgeführte Versuchsreihen zeigten, daß diese Drücke 100 at nicht selten überschritten. Gegen solche Drücke konnte die Korkringstopfbüchse nicht abdichten; die Versuche bewiesen, daß der Grenzdruck der Einheitsschmierpumpe, d. h. der Druck, der sich einstellt, wenn die ganze Fördermenge durch Lässigkeit verloren geht, niedrig lag, etwa bei 25 bis 50 at. Da nun die Verkrustung oft während der Fahrt auftritt und nicht bemerkt werden kann, war damit der Einheitspumpe das Urteil gesprochen, und es mußte nach Pumpen gesucht werden, deren Grenzdruck wesentlich höher lag, etwa bei 300 at, damit bei 100 bis 150 at Gegendruck noch eine ausreichende Fördermenge verblieb.

Die erwähnte Verkrustung der warmen Enden der Rohrleitungen scheint eine ausschließliche Begleiterscheinung von Maschinen zu sein, bei denen Perioden angestrengter Leistung durch nicht seltene Arbeitspausen unterbrochen werden; vielleicht hängt sie auch mit der oben erwähnten Verbrennung des Öles im Schieberkasten beim Öffnen des Luftsaugventils zusammen. Volle Klarheit über die Ursache der Verkrustung der Schmierrohre ist noch nicht erzielt worden und daher eine Beseitigung der Fehler noch nicht möglich.

Eine Pumpe höheren Grenzdruckes wurde in der von Friedmann, Wien, herrührenden, von de Limon, Fluhme & Co. in Düsseldorf angefertigten sogenannten Kastenpumpe, Type N, gefunden, Abb. 12 bis 15. Diese wird nach Wunsch mit unterteilten Ölvorratskammern ausgeführt. Das Sinken des Ölstandes in diesen Kammern selbst kann zwar nicht überwacht werden, doch ist neben jedem Behälter ein Schauglas angebracht, auf das die Saugleitung umgeschaltet werden kann. Wird Öl aus dem Schauglase gesaugt, so sinkt es dort schnell und erlaubt eine allerdings durch das Umschalten etwas erschwerte Überwachung. Auch hier wie bei der Einheitspumpe erstreckt sich die Prüfung nur auf das Ansaugen; ob vielleicht das Öl an dem etwa undichten Pumpenkolben vorbei in das Antriebgehäuse gedrückt wird, ist nicht zu erkennen.

Die von einer gekuppelten Achse angetriebene Schaltwelle liegt wagerecht und hat in ihrer innerhalb des An-

Abb. 12. Schnitt C-D.

Abb. 13. Schnitt A-B.

Abb. 12 bis 15.
Kastenpumpe, Ausführung *N* von de Limon, Fluhme & Co.

triebgehäuses liegenden Stirnfläche eine exzentrische Bohrung; in diese greift ein Zapfen der ebenfalls wagerecht, aber rechtwinklig zu ihr gelagerten Antriebwelle. Bei einer Drehung der Schaltwelle wird der Zapfen nun durch die Schaltwellen-Stirnbohrung im Kreise herumgeführt und erteilt der Antriebwelle eine Bewegung, die sich aus einer Winkelbewegung um ihre Längsachse (Pendelbewegung) und aus einer Längsverschiebung in axialer Richtung zusammensetzt. Die Zeitweglinie beider Bewegungen verläuft nach der Sinuskurve, also stoßfrei. Die Antriebwelle trägt nun ebensoviel wagerechte Zapfen, wie Pumpenzylinder vorhanden sind. Für jede Verbrauchstelle ist grundsätzlich ein besonderer Pumpenkolben vorgesehen. Die Pumpenzapfen greifen in seitliche, senkrechte Schlitze im verdickten Kopfe jedes Pumpenkolbens ein. Dieser wird durch eine Feder stets nach oben gegen den Zapfen gedrückt und vollführt so bei einem Umlauf der Schaltwelle einen senkrechten Doppelhub und eine hin- und hergehende Drehbewegung nach einer verzerrten sinusähnlichen Kurve. Die Fördermenge kann für jede Verbrauchstelle unabhängig dadurch eingestellt werden, daß der Aufwärtshub des Pumpenkolbens durch einen Anschlag verändert wird.

Die Pumpe selbst ist recht zweckmäßig durchgebildet. Der Kolben ist dünn, auf große Länge im Zylinder geführt und in ihm mit etwa $^{1}/_{100}$ mm Spiel eingeschliffen. Der Zylinder ist, leicht auswechselbar, am Pumpengehäuse angeflanscht; nur die Saugleitung ist durch die Dichtfläche geführt. Der Kolben hat zwei seitlich mit seiner unteren Stirnfläche verbundene Nuten, durch die er beim Aufwärtshub Öl aus der Saugleitung ansaugt und beim Abwärtshub und bei andrer Winkelstellung in die Druckleitung stößt. In diese ist ein nicht unbedingt erforderliches, aber des schleichenden Kanalabschlusses wegen empfehlenswertes Rückschlagventil eingebaut. Pumpenzylinder und Kolben können einzeln leicht ausgebaut werden.

Die N-Pumpe, bei der bereits der bisher anerkannte Grundsatz für Hochdruckpumpen durchgeführt ist, Kolben großer Führungslänge metallisch in lange Führungen mit kleinstem Spiel einzuschleifen, erreicht annähernd, manchmal auch ganz den als erforderlich erkannten Grenzdruck. Sie erreicht dabei auch schon eine erträgliche Lebensdauer von Kolben und Zylinder, doch ist dieser durch die Eigenart des Antriebes eine Grenze gezogen, die bei planmäßiger Weiterentwicklung der Hochdruckpumpe vermeidbar schien; denn der Kolben führt, wie oben geschildeit, eine Bewegung aus, ähnlich der beim zylindrischen Einschleifen üblichen. Daher konnte auch diese Pumpe trotz ihrer unbestreitbaren Vorzüge nach dem heutigen Stande der Erkenntnis nicht mehr als Regelbauart gewählt werden. Auch bei ihr wird das Antriebgestänge stärker als erwünscht beansprucht.

Für die Beurteilung weiterer Bauarten von Hochdruckpumpen waren also drei Forderungen zugrunde zu legen; einmal mußten die Pumpenkolben metallisch abdichten, zweitens durften sie nur axiale Bewegungen ausführen, und drittens mußte die Sichtkontrolle auf die Druckseite der Pumpe verlegt werden.

Den ersten beiden Forderungen entsprach die seit einer Reihe von Jahren bei den früheren badischen und württembergischen Staatseisenbahnen gut bewährte Hochdruckpumpe der Firma Robert Bosch in Stuttgart, der dritten Forderung entsprach sie in ihrer bisherigen Form nicht, da jeder Kolben zwischen zwei Nutzhüben einen Förderhub ausführte, bei dem das Öl ohne Gegendruck aus einem Tropfenzähler austrat. Die Fördermenge konnte also beim Nutzhube des Gegendruckes wegen unter Umständen sehr viel kleiner sein als beim Kontrollhube. Anderseits aber hatte die Firma für andre Zwecke einen in die Druckleitung einzuschaltenden Tropfenzähler durchgebildet, dessen Verbindung mit der Hochdruckpumpe möglich erschien. Es wurde daher in engem Zusammenarbeiten der Firma und der Reichsbahnverwaltung unter Aufrechterhaltung des sehr zweckmäßig erscheinenden Grundgedankens und unter schärfsten Anforderungen an die Genauigkeit der Herstellung eine Bauart durchgebildet, die allen bisher erkennbaren Erfordernissen des Betriebes genügen dürfte und bei eingehenden Versuchen auf dem Prüfstande der Reichsbahn Vorzügliches geleistet hat. Der zwecklose Sichthub wurde hierbei verlassen und ebenfalls zum Nutzhub umgestaltet, so daß jetzt eine Pumpeneinheit wie bei der Einheitspumpe zwei Schmierstellen mit Öl versorgt.

Die Bosch-Pumpe, Abb. 16 und 17, in ihrer neuen Form wird zum ersten Male bei der ersten Lieferung der Einheitslokomotiven angewendet. Von der wagerechten wie sonst üblich angetriebenen Schaltwelle wird mittels eines Schneckentriebes die zentrisch zwischen den rund um sie gruppierten Pumpeneinheiten angeordnete senkrechte Antriebwelle in Drehung versetzt. Schneckentrieb und Pumpeneinheiten liegen innerhalb eines Gußeisenkastens, der den Ölvorrat enthält und an einem Schauglas den Ölstand erkennen läßt. Der Trieb läuft also stets in Öl. Am oberen Ende sind übereinander zwei Bunde mit Scheiben auf die Antriebwelle aufgezogen. Die untere Scheibe hat einen kleineren Durchmesser als die obere; ihre Ebenen sind in der Hauptsache so gegen die Wellenachse geneigt, daß sie eine Taumelbewegung von einem Doppelhub während einer Umdrehung ausführen. Bei der oberen, größeren Scheibe liegt die Hauptkonstruktionsebene senkrecht zur Achse, doch ist sie an zwei gegenüberliegenden Stellen ihres Umfanges axial so verdrückt, daß ihr Umfang gewellt erscheint. Die kleine Scheibe dient zum Antrieb des Steuerkolbens, die größere zu dem des Pumpenkolbens derart, daß ein dicht am Rande der Scheiben senkrecht schleifender Stift bei einer Wellenumdrehung von der kleinen Scheibe einmal, von der großen zweimal auf- und abbewegt wird. Der Pumpenkolben macht also in dieser Zeit zwei Saug- und zwei Druckhübe, der Steuerkolben einen Doppelhub, wobei er das geförderte Öl abwechselnd auf beide Druckleitungen einer Pumpeneinheit verteilt. Die einzelnen Pumpeneinheiten sind, wie oben gesagt, im Kreise um die Antriebwelle angeordnet und mit einer Schraube am Gehäuseboden befestigt. Sie können nach dem Lösen der Schraube und des Gehäusedeckels mit Pumpen- und Steuerkolben zur Nachprüfung ausgebaut werden. Es werden nur soviel Einheiten wie erforderlich an beliebigen Stellen des Befestigungskranzes eingesetzt, wobei jederzeit der Vorteil gewahrt bleibt, daß nie mehr als zwei Pumpenhübe von der umlaufenden Welle gleichzeitig ausgeführt werden. Die Antriebvorrichtung wird also gering beansprucht. Im Gehäuse finden 10 Einheiten mit 20 Schmierstellen Platz.

Im Bau der Einheiten ist die frühere Anordnung der Bosch-Pumpe, bei der dünne Kupferrohre vom Pumpen-

Abb. 16 und 17. Bosch-Pumpe der Deutschen Reichsbahn.

Abb. 18 und 19. Sichtschmiervorrichtung von Bosch.

Das Öl tritt von unten in jede Kammer ein, steigt wegen seines geringeren spezifischen Gewichtes in Tropfenform an einer Führungsnadel empor und tritt oben in die Leitung zur Schmierstelle ein. Die anfängliche Befürchtung, das Salzwasser könne in die Druckleitung mitgerissen werden, hat sich in einem etwa halbjährigen Versuchsbetrieb als unbegründet erwiesen. Selbst nach Ablauf dieser Zeit brauchte die Salzlösung weder aufgefüllt noch wegen Trübung erneuert zu werden. Sollte sich die Vorrichtung im Dauerbetriebe ebenso bewähren, so ist damit eine Prüfeinrichtung von weitester Anwendungsmöglichkeit geschaffen.

zylinder zur Verschraubung der Leitung am Gehäusedeckel führten, verlassen worden. Jede Einheit ist sektorartig als Gußstück durchgebildet, und während die Ansaugmenge wie bisher an einem tiefliegenden Punkt aus dem das Gehäuse anfüllenden Ölvorrat entnommen wird, strömt das Drucköl durch gebohrte Kanäle innerhalb des Gußstückes bis zur Leitungsverschraubung oberhalb des Gebäudedeckels. Die beiden Kolben führen nur Längsbewegungen aus, der Pumpenkolben ist zur Vermeidung auch der kleinsten Drehbewegung noch längsgeführt. Beide Kolben umgreifen mit ihrem Kopfe bügelartig die Antriebscheibe; an der unteren, der Druckseite der Scheibe, schleifen sie an ihr mit gehärteten Ballen. Das obere Druckstück des Pumpenkolbens, das diesen emporzieht, ist verstellbar eingerichtet, so daß durch das Maß der Rachenweite der Pumpenhub bestimmt wird.

Die Sichtschmiervorrichtung, die vorerst für sechs und zehn Druckleitungen gebaut wird, ist in Abb. 18 und 19 dargestellt. Damit sie leichter untergebracht werden kann, ist sie örtlich von der Schmierpumpe getrennt und kann grundsätzlich bei jeder Pumpenbauart Verwendung finden. Die Forderung der Reichsbahn, daß jede Schmierstelle ohne Umschaltung dauernd prüfbar sein müsse, führte dazu, eine Reihe von Kammern in einem Gußstück nebeneinander anzuordnen. Jede Kammer ist drucksicher bis 300 at Druck; sie ist mit einer Salzlösung in Wasser völlig gefüllt, so daß sich keine Luftblasen bilden können. Vorn und hinten ist die Kammer mit gleichachsigen Schaugläsern versehen, durch die man auf einen hellen Hintergrund blickt.

Die Ölleitungen und Rückschlagventile.

Man sollte annehmen, daß eine Schmierpumpe, die so, wie oben beschrieben, durchgebildet ist, unterstützt durch eine einwandfrei arbeitende Sichtprüfung, allen Anforderungen des Betriebes genügte; die Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß die Bauart der Ölleitungen und die Art der Einführung des Öles, besonders in dem Schieberkasten, von größter Bedeutung ist, wenn die Pumpe nicht in allernächster Nähe der Verbrauchstelle angeordnet werden kann. Nun hatte, wie oben erwähnt, der Betrieb in kalten Gegenden sowohl wie auch das Erfordernis steter Nachprüfung des Schmierens verlangt, die Schmierpumpe im Führerhaus unterzubringen; dort wird sie, damit das dickflüssige Heißdampföl während des Pumpens möglichst dünnflüssig bleibt, an einer Stütze unmittelbar am Stehkessel befestigt und erhält von ihm Strahl- und Berührungswärme. Unter diesen Umständen werden die Ölleitungen zu den Zylindern je nach der Größe der Lokomotive 6 bis 10 m lang.

Der Betrieb im Winter lehrte sehr bald, daß es nicht genügte, die Pumpe warm zu halten; auch die Leitungen mußten bis unmittelbar vor die Schmierstelle eng am Kessel entlang verlegt werden, damit sie durch Berührung warm blieben. Auch die lichte Weite der Leitungen war nicht ohne Bedeutung: in den ersten Jahren der Pumpenschmierung erhielten sie 7 mm inneren Durchmesser, damit das Öl so wenig Reibungsverlust wie möglich erlitt. Man glaubte ja noch, daß nur die Ölreibung in offenen Rohren und der Dampfdruck im Schieberkasten zu überwinden seien; da nun die Leitungen unmittelbar in die Schmierstellen eingeführt waren und beim Aufnehmen oft leer vorgefunden wurden, ohne daß eine genügende Erklärung hierfür vorlag, führte man sie, um sie im Falle des Leerlaufens wenigstens schneller als bisher von der Pumpe wieder auffüllen zu lassen, nur noch mit 5 mm Dmr. aus. Für die Ölreibung erwies sich die Verkleinerung des Durchmessers als unwesentlich, dagegen mehrten sich die Fälle, in denen die Schieber oder Kolben durch Ölmangel litten und beim Aufnehmen der Leitungen eine starke Verkrustung des Rohres nahe der heißen Schmierstelle festgestellt wurde. Man glaubte, daß das in den Ausbesserwerkstätten vorgenommene Ausglühen und Durchblasen der kupfernen Ölleitungen mangelhaft ausgeführt worden sei. Tatsächlich aber wurde der Fehler hervorgerufen durch Asphaltabscheidung besonders der nicht verfetteten Schmieröle beim Eintritt in die über 300 °C warme vordere Rohrmündung, wie schon auf S. 1591 geschildert. Diese Verkrustung, die ja den Anstoß zur Einführung der Hochdruckpumpe gab, wurde auch durch die nachstehend besprochene Einschaltung eines Ölsperrventils zwischen Leitung und Schmierstelle nicht behoben. Da nun bei Hochdruckpumpen der eigentliche Leitungswiderstand einen ver-

Abb. 20 und 21. Ölsperre mit zwei Rückschlagventilen von Michalk.

schwindend geringen Bruchteil des gesamten Förderdruckes ausmacht, anderseits aber die Asphaltabscheidungen um so geringer ausfallen müssen, je schneller das Öl die Leitung durchströmt, so ist man nunmehr bei Einführung der Bosch-Pumpe auf einen lichten Durchmesser der Ölleitungen von 4 mm herabgegangen.

Der Grund für das Leerlaufen der Leitungen wurde bald richtig erkannt, nämlich die starke Erwärmung der Schmierrohre durch Berührung mit dem heißen Zylinder. Sobald etwas Öl dünnflüssig ausgelaufen war, konnte der Heißdampf in die Rohre eintreten, sie weiter hinauf erwärmen und weiteres Öl zum Ablaufen bringen. Es mußte also ein Rückschlagventil dicht an der Schmierstelle in jede Leitung eingeschaltet werden, das dem Öl den Weg freigab, dem Heißdampf aber den Eintritt in die Leitung verwehrte. Da sich bei Vorversuchen ein einfaches Rückschlagventil nur kurze Zeit als dicht und wirksam erwies, wurde in Anlehnung an eine Ausführung der Firma Michalk, von der auch die Grundbauart der Einheitspumpe stammt, eine Sperre, bestehend aus zwei hintereinandergeschalteten Ventilen, als Regelbauart eingeführt. Man sieht in Abb. 20 und 21, daß das Öl beim Eintritt eine Kammer durchströmt, in der Verunreinigungen abgeschieden werden sollen. Dann tritt es in einen wagerechten Kanal, der seitlich durch eine Prüfschraube angezapft ist und unter dem Sitz des ersten ebenfalls wagerechten und federbelasteten Ventils endet. Die Prüfschraube erlaubt also, wie wohl meist üblich, nur die Arbeit der Pumpe und das Freisein der Leitung nachzuprüfen, nicht aber Wirkung oder Dichthalten der Sperre. Die Belastungsfeder des Ventils übt nur einen Druck entsprechend 1 bis 1,5 at auf den Ventilquerschnitt aus. Nach dem Durchtritt durch das erste Sperrventil fließt das Öl durch ein zweites senkrechtes Flachsitz-Rückschlagventil, das durch sein Eigengewicht geschlossen wird, dann strömt es durch einen senkrechten Kanal hinab zur Schmierstelle. Der Ölraum zwischen beiden Ventilen ist sehr klein, und es ist bei seiner gänzlichen Füllung mit Öl nicht zu erwarten, daß beide Ventile durch den Dampfdruck im Schieberkasten gleichmäßig auf den Sitz gepreßt werden; eines von beiden (und zwar beim Dichthalten des Kegelventils das senkrechte) wird „schwimmen".

Die Einführung dieser Ölsperre schien eine Reihe Jahre hindurch von Erfolg zu sein; die Klagen über weitreichende Entleerung der Leitungen verschwanden, und die noch immer, wenn auch in geringerer Zahl, auftretenden Schäden an Schiebern und Kolben wurden nun den eingangs geschilderten grundsätzlichen Schwierigkeiten der Schmierung gleitender Teile unter Dampf zugeschrieben. Immerhin blieben die Ölsperren im Betrieb unbequeme Teile, da die Ventile sich ohne erkennbare Ursache schnell ausschlugen und dann unwirksam wurden. Als nun einige Jahre nach Kriegsende die Verhältnisse wieder ruhige Versuchsarbeit zuließen, wurde die Wirkungsweise der Sperre planmäßig untersucht; zu diesem Zwecke wurden an mehreren Stellen Schaugläser in die Ölleitungen eingeschaltet. Bei diesen Versuchen ergab sich nun die überraschende Tatsache, daß einerseits viel mehr Luft im Öl enthalten war, als bisher angenommen wurde; diese sammelt sich in der Leitung zu größeren Blasen an. Sobald nun der Regler geschlossen wurde und der Druck aus dem Schieberkasten verschwand, dehnten sich die Blasen und schoben einen Teil des Leitungsinhalts auf einmal hinaus. Dann trat eine Unterbrechung in der Schmierung ein, die bei einzelnen Versuchen bis zu 100 km Fahrweg, selten weniger als 30 km, entsprachen. Dieser Zustand war unhaltbar. Es ergab sich nun daraus die Forderung, daß die Sperrorgane durch erheblich stärkere Federn zu belasten waren als bisher, und zwar mindestens mit einem Druck gleich dem des Schieberkastens, weil in diesem Falle die Blasen nur den doppelten Raum, nicht mehr, wie bisher, je nach dem Kesseldruck das 11- bis 14fache annehmen konnten. Daneben aber fand sich bei vielen Versuchen Wasser in den Leitungen vor, und zwar konnte gelegentlich mit Hilfe der Schaugläser ein langsames Wandern der Wassertropfen entgegen der Förderrichtung beobachtet werden. Dieses Wasser war im Öl bestimmt nicht vorhanden, konnte also nur niedergeschlagener Dampf aus dem Schieberkasten sein. Die weiteren Versuche, das Durchtreten des Dampfes durch die doppelte Sperre zu erklären, ergaben mit einiger Sicherheit, daß der Weg des überhitzten Dampfes bis zum ersten Ventil zu kurz war, als daß er bis dahin niedergeschlagen worden wäre. Trat aber der Dampf bis an die Ventile heran, so gerieten diese bei hohen Umlaufzahlen der Maschine unter dem Einflusse des Druckspiels im Schieberkasten und Zylinder in ein „Schwimmen" oder Zittern, indem sie sich von den Sitzflächen abhoben und nur gelegentlich scharf aufschlugen.

Damit war ein Hauptmangel der Sperre erkannt und der Weg zu seiner Behebung gewiesen, doch bot die bauliche Durchbildung einer zweckentsprechenden Sperre große Schwierigkeiten. Die Ölpumpenfirma Dicker & Werneburg in Halle a. S. schlug vor, hinter beide Ventile der Einheitsperre ein Labyrinth kleinsten Volumens, aber großen Weges einzuschalten, einerseits um das Druckspiel zu drosseln und anderseits, um dem Dampf mehr Gelegenheit zum Niederschlagen zu geben. Versuche mit einer derartigen Anordnung zeigten, daß der Gedankengang richtig war, aber die Mängel der Sperre der Wirkung der Luftblasen gegenüber nicht behob. Der Einbau derartiger Staueinrichtungen kann also, sobald seine zweckmäßigste Bauart endgültig festliegt, zum Aufbrauchen der vielen vorhan-

Membran
von der Schmierpumpe
Prüfschraube
zum Zylinder

Abb. 22 und 23. Ölsperre mit Membranverschluß von de Limon, Fluhme & Co.

A
Schnitt A-B
von der Schmierpumpe
Prüfschraube
B | zum Zylinder

Abb. 24 und 25. Ölsperre mit Kolbenverschluß von Michalk.

denen Ölsperren in Frage kommen; für den Neubau mußte jedoch darauf gesehen werden, daß nur solche Abschlußvorrichtungen verwendet wurden, bei denen die Einwirkung des Heißdampfes ausgeschaltet wurde.

Nach dem Vorgang amerikanischer Firmen, die neuerdings Ölsperren mit Membranverschluß mit gutem Erfolg erprobt haben, brachten de Limon, Fluhme & Co. die in Abb. 22 und 23 dargestellte Membransperre in Vorschlag. Über dem Ölablaufkanal wird hier eine Membran durch eine so starke Wickelfeder auf einen scharfkantigen Ringsitz gepreßt, daß ein Zittern infolge des Druckspieles ausgeschlossen erscheint. Außen herum liegen konzentrisch weitere Ringsitze mit Rillen dazwischen, in denen sich Verunreinigungen abscheiden sollen. Auf die äußeren Ringsitze wird die Membran durch eine Feder größeren Windungsdurchmessers gedrückt.

Ein weiterer Vorschlag, der noch aus der Fülle der zur Erprobung vorliegenden Bauarten herausgegriffen zu werden verdient, ist vom Lokomotiv-Versuchsamt der Reichsbahn ausgegangen und durch die Firma Michalk baulich durchgebildet worden, Abb. 24 und 25. Hier wird ein Kolben als Sperrorgan benutzt, der vom Heißdampf am Umfange beaufschlagt und daher seiner Einwirkung praktisch entzogen ist. Der Kolben wird vom Öl bis zur Freigabe des Abflußloches zurückgeschoben. Mithin kann seine Vorholfeder leicht gehalten werden.

Beide Sperrbauarten haben bisher bei den Versuchen nach Behebung anfänglicher Unvollkommenheiten so weit befriedigt, daß mit ihnen Betriebsversuche auf breiter Grundlage ausgeführt werden können. Immerhin ist noch nicht anzunehmen, daß diese Bauformen das letzte Wort in der Entwicklung der Ölsperre darstellen. [B 757]

Dampfkesselschäden in Preußen.

Der soeben erschienene Bericht des Zentralverbandes der Preußischen Dampfkessel - Überwachungsvereine über das Geschäftsjahr 1924/25 gibt unter anderem auch eine Übersicht der Kesselexplosionen und anderen erheblichen Kesselschäden, die letztes Jahr in Preußen eingetreten sind und zur sofortigen Außerbetriebsetzung der Kessel führten. Die überwiegende Mehrzahl dieser Schäden ist auf Unachtsamkeiten im Betriebe zurückzuführen. Von den neun Kesselexplosionen rührten drei von Wassermangel her. Weit größer ist aber der Anteil der Betriebführung an den sonstigen Kesselschäden. Hier sind von 86 Unfällen allein 53 auf Wassermangel zurückzuführen.

Von den anderen Ursachen, die zur Stillegung von Kesseln geführt haben, fallen besonders Mängel der Speisewasserreinigung auf. Schlammablagerungen und Kesselstein traten wiederholt in solcher Stärke auf, daß sie örtliche Überhitzungen mit gefährlichen Formveränderungen am Kessel hervorriefen. In einem Falle, wo dem Kondensat Grubenwasser zugesetzt wurde, hat sich Kesselsteinansatz von 130 und 250 mm Dicke schon nach vier oder sechs Wochen Betrieb gebildet. Bei einem Lokomobilkessel hat sich Schlamm mit Kesselsteinsplittern 50 mm dick zusammengebacken und zwischen den Stehbolzen an den Seiten der Feuerbüchse festgesetzt, so daß die innere Feuerbuchswand glühend geworden ist und die Stehbolzen teils gebrochen, teils herausgerissen sind.

In Zuckerfabriken ist ein gefährlicher Feind der Kessel das zuckerhaltige Speisewasser, das bei Überhitzung des Bleches infolge von Zuckerablagerungen starke Einbeulungen, ja sogar Risse hervorgerufen hat. Bei der Auswahl der Wasserreinigung sollte man daher einen Sachverständigen befragen und nicht blind einem der zahlreich angebotenen Mittel zum Unschädlichmachen des Speisewassers Vertrauen schenken. Große Aufmerksamkeit verlangt auch die Anwendung von Dampfkessel-Innenanstrichen, die mitunter hohen Widerstand gegen Wärmedurchgang haben und Wärmestau sowie unter Umständen Schäden am Kessel herbeiführen. Der Bericht verzeichnet auch einen Kesselschaden, den Wärmestauung infolge starken Ölansatzes im Kessel hervorgerufen hat und bei dem beide Flammrohre bis zum dritten Schuß eingebeult und zusammengedrückt wurden.

Ein Betriebsunfall ereignete sich dadurch, daß ein Heizer entgegen der Vorschrift während des Betriebes die Dichtung eines Verschlußdeckels anzog und hierbei den Deckel herauszog. Der Heizer wurde dabei so schwer verbrüht, daß er noch am selben Abend starb.

Störungen im Kesselbetriebe, an denen die Herstellung der Kessel schuld war, bilden demgegenüber nur einen geringen Teil aller aufgetretenen Schäden. Am häufigsten sind hier Mängel in der Ausführung von Schweißarbeiten am Kessel. Die Neubearbeitung des Abschnittes Schweißen in den neuen Vorschriften über die Herstellung von Landdampfkesseln nimmt hierauf besonders Rücksicht. Der Deutsche Dampfkesselausschuß hat ferner bei seinen Arbeiten sein Augenmerk auf die häufiger auftretenden Krempenbrüche an Kesselböden hingelenkt.

Auf Grund seiner Arbeiten ist in den bestehenden Vorschriften die Forderung eines „ausreichend groß zu wählenden Krempenhalbmessers" inzwischen durch Verfügung der Länderregierungen zahlenmäßig festgelegt worden durch die Werte, Wölbungshalbmesser R nicht größer als der Bodendurchmesser D und Krempenhalbmesser r nicht kleiner als $\frac{D}{10}$.

Im allgemeinen hat man die Anfressungen, die in Kesseln auftraten, rechtzeitig erkannt, auch wenn ihre Gründe nicht immer klargelegt werden konnten. Wie weit hier Einflüsse des Kesselspeisewassers aufzudecken sind, werden die Ausschüsse klären, die beim Verein deutscher Ingenieure in Verbindung mit andern großen Verbänden sowie bei der Vereinigung der Großkesselbesitzer zur Untersuchung dieser Frage eingesetzt worden sind.

Die Dampfkessel-Überwachungsvereine haben sich zur Hebung der Betriebsicherheit schon lange für gute Ausbildung der Heizer eingesetzt. Maßgebende Verbände haben auch durch Aufstellung von Betriebsvorschriften daraufhingearbeitet, die Zahl der Betriebsunfälle zu vermindern. Dennoch sind im abgelaufenen Berichtjahr infolge von Unachtsamkeit der Heizer acht Menschen getötet und sechs mehr oder minder schwer verletzt worden. Dies zeigt wieder, daß die Ausbildung allein nicht ausreicht und durch persönliche Gewissenhaftigkeit und Zuverlässigkeit ergänzt werden muß.

[N 1135] Eggen.

Temperaturmeßfehler in strömenden Gasen.

Bei der Messung der Temperatur von strömenden Gasen und überhitzten Dämpfen mit den in der Praxis gebräuchlichen Meßgeräten treten in der Mehrzahl der Fälle Meßfehler auf, da der meßempfindliche Teil der Geräte (Quecksilbergefäß, Lötstelle des Thermoelementes, Spirale des Widerstandsthermometers) nicht die vor dem Einbringen des Gerätes dort herrschende Gastemperatur annimmt. Dieser Meßfehler wird veranlaßt:

1. durch Übertragung von Wärme zwischen der Meßstelle und der auf andrer Temperatur befindlichen Umgebung durch Leitung in dem nach außen führenden Schaft des Meßgerätes oder dessen Armatur,
2. durch Wärmeaustausch infolge von Strahlung mit verschieden warmen Flächen der Umgebung (Rohrwand).

Eine ausführliche Abhandlung von H. Reiher und K. Cleve, München, über dieses Thema ist in dem soeben erschienenen Ergänzungsheft „Technische Mechanik" dieser Zeitschrift enthalten. Eine Rechnung gibt Hinweise auf die zur Verminderung dieser Fehler zu treffenden Vorkehrungen. Durch eine Reihe von Versuchen in heißer Luft von etwa 230 °C mit Thermometeranordnung der verschiedensten, in der Praxis gebräuchlichen Arten wird gezeigt, welche Größe solche Meßfehler annehmen können, und durch welche praktisch ausführbaren Maßnahmen die Fehler bis auf ein Mindestmaß oder zum Verschwinden gebracht werden können (s. a. die nachstehende Mitteilung). [N 946]

Zweckmäßige Bauart von Thermometerrohren zur Messung der Temperatur strömender Gase.

Bei der Messung der Temperatur strömender Gase in Rohrleitungen treten infolge Wärmeableitung und Wärmeabstrahlung des metallenen Thermometer-Rohrstutzens an die kältere Rohrwand meist sehr bedeutende Fehler auf. In einer ausführlichen Abhandlung von Prof. Dr.-Ing. E. Schmidt, Danzig, im soeben erschienenen Ergänzungsheft „Technische Mechanik" dieser Zeitschrift wird gezeigt, daß man den infolge Wärmeableitung im Thermometerrohr entstehenden Meßfehler durch Anbringung von Rippen auf dem Rohr praktisch ganz beseitigen kann. Es wird damit möglich, die Thermometerrohre radial einzubauen und die bisher erforderliche umständliche Anordnung eines Krümmers mit axialer Einführung des Thermometers zu vermeiden. Die aufgesetzten Rippen brauchen dabei nur etwa den dreifachen Durchmesser des Thermometerrohres zu haben, so daß zwar eine etwas weitere Einführöffnung erforderlich ist, aber sonst keine Einbauschwierigkeiten entstehen. Durch diese Maßnahme wird zugleich der Fehler durch Wärmeabstrahlung erheblich herabgesetzt. Die theoretischen Überlegungen werden durch Versuche vollauf bestätigt (vergl. die vorstehende Mitteilung). [N 998]

Verkehrsflugzeuge und Luftverkehr[1].

Von Dr. Clausen, Hannover.

Überblickt man die deutschen Flugzeuge, so könnte uns ihre Entwicklung während der Nachkriegszeit mit Stolz erfüllen und mit Zuversicht in die Zukunft blicken lassen. Technik, Wissenschaft und Praxis schufen im Laufe dieser Jahre neuzeitliche Bauarten, wie die sechssitzigen Fokker- und Junkers-Flugzeuge und in allerneuster Zeit die achtsitzigen und zwölfsitzigen Dornier-, Komet- und dreimotorigen Junkers-Großflugzeuge.

Bauart.

Bei neuzeitlichen, nicht verspannten Flugzeugen wird an Stelle der dünnen, verspannten Fläche fast ausnahmslos die dicke Tragfläche aus Metall verwendet, die das Holz fast ganz verdrängt. Hier zeigt sich eine der wenigen guten Seiten des Versailler Vertrages, indem unsre westlichen Nachbarn zum Teil ihre Verkehrsflugzeuge aus den aus Holz gebauten Kriegsflugzeugen entwickeln und umbauen müssen. Bei weiterer Vergrößerung der Flugzeuge wird man gänzlich zur Metallbauart übergehen müssen, bei der die Witterungseinflüsse fast völlig ausgeschaltet, die Feuergefahr verringert und Ausbesserungen durch Verwendung genormter Teile erleichtert werden, zumal die Metallteile leicht zu zerlegen sind. Ihre Herstellung in Reihen und Massen ist einfacher und wirtschaftlicher als bei Holzteilen.

Das heute noch zum Bau benutzte Duralumin ist etwa dreimal leichter als Stahl, aber man wird zur Stahlkonstruktion doch noch übergehen müssen, da Stahl leichter zu behandeln und fester ist.

Gewichtersparnisse sucht man dadurch zu erreichen, daß man die Umlaufzahlen der Explosionsmotoren erhöht. Dabei hat man aber wegen des Schraubenwirkungsgrades mit dem Einbau von Getriebeübersetzungen ins Langsame zu rechnen. Militärflugzeuge wurden mit solchen Übersetzungen bereits im Kriege bei uns gebaut. Im Luftverkehr hat man sie der Sicherheit wegen bisher vermieden.

Auch das Leichtbenzin ist eine Gefahrquelle; es ist mir jedoch unbekannt, ob schon brauchbare Flugzeug-Schwerölmotoren mit innerer Zündung vorhanden sind. Ich kann mir denken, daß sich ein solcher Motor mit einem Schlage den neuzeitlichen Luftverkehr erobern würde. Des weiteren wird man zur Erhöhung der Sicherheit mehrere Motoren anwenden. Bei einem Flugzeug mit drei Motoren ermöglicht der Ausfall eines Motors noch ein glattes Halten der Höhe und Fortsetzen der Reise sowie die Ausübung aller Manöver. Bei Ausfall von zwei Motoren kann man nach Belieben Landegelände in weiter Entfernung von der Stelle, wo die Motoren aussetzen, aussuchen und damit eine Notlandung im alten Sinne vermeiden.

Eine sichere Landung ist für die Entwicklung des Luftverkehrs ausschlaggebend. Damit kommen wir zu der wichtigen Frage der

Flughäfen.

Ein neuzeitlicher Flugplatz wird im allgemeinen 1 km² groß sein und durch ebenen und festen Boden glatten Abflug und glatte Landung gewährleisten müssen. Nicht unwesentlich ist seine Entfernung von der Stadtmitte. Ein so günstiger Platz wie das Berliner Tempelhofer Feld, in wenigen Minuten von Untergrund-, Straßen- und Stadtbahn zu erreichen, wird bei großen Städten selten in Betracht kommen. Hier müssen schnelle und zureichende Zubringerlinien, am besten Kraftomnibuslinien, von den Städten eingerichtet werden. Hallen, Werft, F.-T.-Station, Landungszeichen und Befeuerung bei Nacht müssen in ihrer Anordnung und Ausführung so gebaut werden, daß sie allen Anforderungen genügen und vor allen Dingen auch in der Zukunft höher beansprucht werden können.

Hilfsmittel der Flugzeugführung.

Lebenswichtig für einen sicheren und mit vollkommener Regelmäßigkeit arbeitenden Luftverkehr ist die Frage der Meßgeräte und ihrer weiteren Verbesserung. Der Nebel ist noch unser größter Feind, der durch geeignete Neigungsmesser überwunden werden muß, da dem Flieger im Nebel jedes Gleichgewichtsgefühl schwindet. Hier hat man Geräte geschaffen, die fast sämtlich auf den Kreisel zurückgehen und dem Führer einen wirklichen Horizont geben sollen. Diese Meßgeräte sind heute schon so weit ausgebildet, daß man die Frage als gelöst betrachten kann. Trotzdem bleiben der Nebel und tiefe bis auf den Boden hängende Wolkenschleier für den Verkehrsflieger auch heute noch ein schwer zu überwindendes Hindernis. Hier müßten immer noch größere Verbesserungen geschaffen werden, die dieses Hindernis ganz beseitigen könnten. Auch brauchbare Kompasse, die gegenüber den magnetischen Wirkungen des Flugzeuges unempfindlich sein müssen, etwa wie der in Deutschland erfundene[2]) und in Amerika gebaute und beim Weltflug der Amerikaner erfolgreich erprobte Erdinduktionskompaß, dürften zur einwandfreien Ortsbestimmung und Sicherheit im Luftverkehr, besonders auf große Entfernungen, von Wichtigkeit sein.

Der große Helfer ist unzweifelhaft die Funkentelegraphie bei der Luftfahrt. Sie soll nicht nur zur Nachrichtenübermittlung, sondern auch zur Bestimmung des Kurses und des jeweiligen Standortes mit beitragen. In einem Zeitraum von weniger als einer Minute kann von zwei Funkstellen aus der Standpunkt eines Flugzeuges festgestellt werden, was besonders beim Schlechtwetterfliegen von ungeheurem Vorteil sein kann. Theoretisch wäre natürlich auch das Anbringen einer Rahmenantenne im Flugzeug und dadurch das Anpeilen von zwei Funkstellen möglich, nur scheitert diese Lösung noch an den Schwierigkeiten, eine solche Antenne im Flugzeug unterzubringen. Die Höhenmesser sind für genaue Höhenbestimmungen noch wenig brauchbar, da sie auf barometrischer Grundlage entworfen sind und sich der Luftdruck dauernd ändert. Sie zeigen nicht mehr Höhenunterschiede von 10 und 20 m an, die ein Flugzeugführer beim Landen in schwieriger Wetterlage unbedingt zu bestimmen hat. Es wäre eine dankbare Aufgabe für die Physiker, sich mit dieser Frage zu beschäftigen.

Außer den Meßgeräten an Bord ist der allgemeine

Wetterdienst

für die Verwirklichung der Luftverkehrspläne von großer Wichtigkeit. Je genauer und einwandfreier er arbeitet, mit je größerer Sicherheit er auf Riesenstrecken das Über- oder Umfliegen von Schlechtwettergebieten anraten kann, um so sicherer starten und landen die Flugzeuge. Ehe wir unsre Flugzeuge mit Fahrgästen, Fracht und Post in Fahrt setzen, geht meist eine längere Unterhaltung des Piloten und des Leiters der meteorologischen Station an Hand der Wetterkarte, der Wind- und Wolkenmessungen vor sich. Ich habe es oft erlebt, daß während des Fluges gut beobachtende Flugzeugführer nach der Landung wichtige Mitteilungen über Luftströmungen und Wolkenverhältnisse geben konnten und so den meteorologischen Stationen mit ihrer Erfahrung dienten. Ein neuzeitlicher Luftverkehr verlangt eigentlich ein schnelles und gut arbeitendes Netz von Wetterdienststellen, die zur Auskunft jederzeit in der Lage sind.

Funkdienst.

Mit in dieses Gebiet gehören die Funkstationen auf jedem größeren Flugplatz, die Abflug und Landung nach dem Ziel und Abflugsort in wenigen Sekunden mitteilen, so daß eine Flugleitung über ihre Flugzeuge und deren Verbleib jederzeit auf dem laufenden ist. Die

Bodenorganisation,

worunter wir vor allen Dingen die Kenntlichmachung der Strecken durch Befeuerung bei Nacht verstehen, läßt im Landluftverkehr noch sehr zu wünschen übrig. Der Nachtluftverkehr wird an Bedeutung sehr rasch zunehmen, wenn

[1]) Vorgetragen am 18. April 1925 in der Hochschulgemeinschaft der Technischen Hochschule, Hannover.

[2]) ETZ Bd. 22 (1901) S. 403. Vergl. die Zuschrift auf S. 1600.

Leuchtfeuer ausreichend vorhanden sind. Die deutschen Luftverkehrsgesellschaften, vornehmlich die Junkers-Luftverkehr-A.-G., mußte für ihre erste Versuchslinie für den Nachtverkehr die Seestrecke Warnemünde—Stockholm zur Hilfe nehmen, weil auf ihr die schon vorhandene Küstenbefeuerung leicht zur Ortsbestimmung benutzt werden konnte. Wann werden wir so weit sein, daß wir wie die Amerikaner auf ihrer bei Tag und Nacht ununterbrochen geflogenen Strecke San Francisco – New York auf unsern Strecken die Linien bei Nacht auf Hunderte von Kilometern weit sichtbar machen können? Jeder größere Bahnhof in Amerika trägt auf dieser Strecke auf dem Dach in weithin leuchtenden weißen Buchstaben, die des Nachts erleuchtet sind, den Namen der Station. Hier sind also noch große Aufgaben zu lösen.

Hinsichtlich der

Ausdehnung des Luftverkehrs

ist folgendes zu bemerken: Von kleinen Anfängen kurz nach dem Krieg ist er allmählich zu einer Stellung angewachsen, die ihn andern neuzeitlichen Verkehrsmitteln gleichstellt, wenn nicht sogar überordnet; Helsingfors–Genf, Moskau–London, Paris–Bukarest, Zürich–Budapest, London–Berlin, New York–San Francisco, das sind einige der großen im Jahre 1924 regelmäßig geflogenen Linien. Weit hinaus strecken sich die Fäden des deutschen Luftverkehrs. Von Berlin laufen die Linien nach London, Kopenhagen, Stockholm, Helsingfors, Moskau, Budapest, Wien, Zürich und Amsterdam. London und Paris verbindet ein mehrmals am Tage geflogener Flugplan. Genf und Zürich führen ihre Linien nach München, Wien, Budapest, Berlin, Stockholm und Helsingfors. Im Jahre 1925 war es möglich, von Berlin aus Genf in 11 Stunden, und dieselbe Stadt von Stockholm in 20 Stunden zu erreichen. Von Dresden wird man in 10 Stunden nach Oslo (Kristiania) gelangen können. Eine Menge kleinerer Linien verbinden diese Strecken mit wichtigen abliegenden Städten des europäischen Festlandes. Heute nimmt Europa im Luftverkehr noch die erste Stelle ein, während Amerika im Jahre 1924 nur die eine, allerdings gewaltige Linie New York – San Francisco in Betrieb hatte[1]).

Während Frankreich noch 1920 nur 77 t Fracht beförderte, wuchs diese Zahl im Jahre 1924 auf 1000 t. Deutschland beförderte 1921 2 t, 1924 bereits 209 t Fracht. Dagegen nahm die Zahl der durch deutsche Flugzeuge beförderten Personen im gleichen Zeitraum von 2000 Köpfen 1921 auf 50 000 im Jahre 1924 zu, während die englischen und französischen Luftverkehrsgesellschaften 1923 und 1924 nur 13 000 und 16 000 Personen beförderten. Man sieht hieraus, daß Frankreich mehr Wert auf Fracht legt, während in Deutschland der Personenverkehr noch an erster Stelle steht. Von Junkers wurde 1924 eine Wegeleistung von 2 Millionen Flugkilometern auf einem Streckennetz von 7309 km erzielt, das ist eine Linie etwa von London bis Bombay. Auf diesen 2 Millionen Flugkilometern wurden von der genannten Gesellschaft ohne jeden Unfall 40 000 Fahrgäste im Vorjahre befördert.

Die Preise entsprechen etwa denen der ersten Wagenklasse der Eisenbahn, werden aber durch verdoppelte Schnelligkeit wieder verringert. Schaffen die vom Luftverkehr berührten Städte noch günstige Beförderungsmittel zum und vom Flugplatz, so ergibt sich für den Reisenden eine ungeheure Ersparnis an Zeit.

Die Regelmäßigkeit erreichte nahezu 100 vH auf den Strecken des deutschen Luftverkehrs. Die Wirtschaftlichkeit wird dort am größten sein, wo große Strecken geflogen werden. Nicht die Verbindung von Ort zu Ort, sondern von Staat zu Staat ist und bleibt das Ziel des Luftverkehrs.

Zu bedauern ist, daß infolge der zwischenstaatlichen Spannung und der geringen politischen Einsicht auf der Gegenseite der größte Teil des Ruhrgebietes lange Zeit[2]) und das Rheinland heute noch völlig aus dem deutschen Luftverkehr ausgeschaltet worden ist.

Staatlicher Luftverkehr oder Hilfsgelder.

Es taucht die Frage auf, ob nicht ein staatlicher Luftverkehr einzurichten wäre, und man befürchtet, daß die Hilfsgelder nutzlos ausgegeben werden könnten. Es handelt sich aber beim Luftverkehr nicht nur um eine rein verkehrspolitische Einrichtung, sondern auch um ein Geschäft, das sich besonders beim Einsatz großer Flugzeuge günstig gestalten wird. Frankreich hat 1923 10 Millionen Goldmark, England 1924 20 Millionen Goldmark und selbst das kleine Holland 1924 1 Million Goldmark für den Luftverkehr ausgegeben. Auch in Deutschland wird die Form der staatlichen Unterstützung des privaten Luftverkehrs dem eigenen staatlichen Luftverkehr vorzuziehen sein. Ein gesunder Wettbewerb und ruhiger Unternehmungsgeist fordern freie Bahn auf neuen Gebieten der Technik.

Neben dem Staat sind es die deutschen Städte und Provinzen, denen die staatliche Unterstützung der Luftverkehrslinien zugute kommt. Die Städte werden sich davor zu bewahren trachten, daß es ihnen so ergeht, wie seinerzeit beim Ausbau des Eisenbahnverkehrsnetzes, wo infolge geringer Großzügigkeit und mit wenig Blick in die Zukunft ein Verkehrsmittel abgelehnt wurde, das einen Gewinn von Millionen von Arbeitstunden der besten Köpfe zur Folge hatte.

[1]) Die Betriebsergebnisse von 1925 werden ein für Deutschland noch günstigeres Bild ergeben.

[2]) Das Ruhrgebiet wurde nach der Räumung im August 1925 dem Luftverkehr erschlossen. [B 528]

Die Erfindung des Erdinduktorkompasses.

In Z. Bd. 69 (1925) S. 319 findet sich auf Grund einer Mitteilung der Marine Review vom November 1924 ein Bericht über einen Erdinduktorkompaß, der erhebliche Vorzüge vor dem üblichen Magnetkompaß hat und als eine wichtige Erfindung zweier Mitglieder des amerikanischen Bureau of standards gewürdigt wird.

Ich gestatte mir, darauf hinzuweisen, daß die in Marine Review beschriebene Kompaßeinrichtung, soweit ihr Aufbau erläutert ist, genau übereinstimmt mit einer vor 24 Jahren in Deutschland erfundenen und beschriebenen Einrichtung zur Übertragung von Kompaßangaben auf beliebige Stellen des Schiffes, z. B. ins Innere von drehbaren Panzertürmen. Die genaue Beschreibung ist in der Elektrotechnischen Zeitschrift Bd. 22 (1901) S. 403 gebracht. Auf S. 404 Spalte 2 findet sich auch die in Marine Review angegebene Erläuterung der Wirkungsweise durch den Vergleich mit einer Gleichstromdynamo, deren Feldmagnet durch das Erdfeld ersetzt ist, während die Bürsten am Schiffskörper befestigt sind und sich mit diesem drehen, wenn das Schiff seinen Kurs ändert.

Die Erfindung ist damals dem Reichsmarineamt, der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und mehreren Firmen vorgelegt und im Prinzip als richtig und brauchbar anerkannt worden. Auch konnte der unterzeichnete Erfinder in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt die Brauchbarkeit durch Versuche bestätigen. Doch gelang es nicht, eine der bezeichneten Stellen zur Weiterverfolgung und zur Verwirklichung der fertig durchgearbeiteten Erfindung zu veranlassen.

Der Umstand, daß nunmehr eine so bedeutende Anstalt wie das amerikanische Standardbureau die alte deutsche Erfindung — mit oder ohne Kenntnis ihrer Vorveröffentlichung — aufgenommen und verwirklicht hat, und daß nach der Marine Review den amerikanischen Erfindern für diese Leistung die goldene Magellan-Medaille zuerkannt worden ist, beweist doch wohl, daß dieser deutschen Erfindung ein größerer Wert innewohnt und daß sie etwas mehr Beachtung verdient, als ihr bis jetzt in ihrer Heimat zuteil geworden ist.

Berlin-Dahlem. Dr. C L. Weber.

Wechselseitige Druckversuche an Aluminium.

Von *G. Sachs* und *E. Schiebold.*

(Mitteilung aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung, Berlin-Dahlem.)

(Schluß von S. 1561.)

Abb. 21. Gegossen, durch Gußspannungen verformt. **Abb. 22.** 12,75 vH gestaucht. **Abb. 23.** 65 vH gestaucht.

Abb. 21 bis **23.** Laue-Aufnahmen eines wechselseitig gestauchten grobkörnigen Aluminiumwürfels (Kantenlänge 20 mm, Korngröße vergl. Abb. 3) bei Durchleuchtung in Richtung senkrecht zu einer Würfelfläche.

Verformungsstruktur beim wechselseitigen Stauchversuch.

Bei wechselseitigem Druck bildet sich ebenfalls eine Verformungsstruktur, jedoch von anderm Charakter wie die Zieh- oder Druckstruktur aus.

Schon die Laue-Aufnahmen Abb. 21 bis 23 einer sehr grobkörnigen Probe deuten auf eine Gleichrichtung der Gitterelemente mit fortschreitender Verformung hin. Im Falle des grobkörnigen Würfels konnte wegen Ausknickens der Probe eine weitgehende Gleichrichtung nicht erzwungen werden. Die gegossene Ausgangsprobe war übrigens von vornherein durch Gußspannungen verformt, worauf die radiale Verzerrung der Interferenzpunkte in Abb. 21 zurückzuführen ist.

Bei feinkörnigen Proben ist, wie Abb. 24 bis 26 zeigen, schon nach verhältnismäßig geringen Verformungen die endgültige Symmetrie angedeutet.

Die Gleichrichtung der Teilchen wurde dann durch drei Debye-Scherrer-Aufnahmen bestimmt, wobei entsprechend Abb. 27 die Durchstrahlungsrichtung senkrecht zu einer Rhombendodekaederfläche, s. Abb. 28, senkrecht zu einer Oktaederfläche, s. Abb. 29, und senkrecht zu einer Würfelfläche, s. Abb. 30, des Ausgangswürfels gewählt wurden.

Die Debye-Scherrer-Aufnahmen, Abb. 28 bis 30, lassen jedesmal mindestens die gleiche Symmetrie erkennen, die der Würfel in der betreffenden Durchleuchtungsrichtung hat[1]). Die Anordnung der Kristallteile hat also die Symmetrie eines Würfels. Eine solche Anordnung könnten wir erwarten, wenn auch der Spannungszustand bzw. der Verformungszustand diese Symmetrie hätte. Wäre es möglich, den Würfel gleichzeitig in allen drei Richtungen zu stauchen, so hätte der Spannungszustand diese Symmetrie. Die nacheinander ausgeführten Verformungen verursachen also eine Anordnung, als ob sie gleichzeitig ausgeführt wären, indem sich

[1]) Ein bestimmtes Kristallsystem ist durch eine Mindestsymmetrie seiner Bauformen gegenüber dem Achsensystem gekennzeichnet. Bei Vorhandensein einer Spiegelebene oder Symmetrieebene sind die durch diese abgetrennten Teile des Körpers einander spiegelbildlich, bei Vorhandensein von n-zähligen Symmetrieachsen gehen die Teile des Körpers durch Drehung um diese Achsen um $\frac{360^0}{n}$ auseinander hervor usw. Die Zahl n kann nur 2, 3, 4 oder 6 sein. Hat man also Teile einer Bauform, die dem betreffenden System genügen soll, so gestattet die Ausführung solcher Symmetrieoperationen, weitere Teile des Körpers aufzufinden. Das kubische System hat im holoedrischen Falle, d. h wenn die höchste Zahl seiner Symmetrieelemente erfüllt ist, 1 Symmetriezentrum (SZ), 3 Symmetrieebenen (SE) parallel zu den Würfelflächen, 6 Symmetrieebenen parallel zu den Rhombendodekaederflächen, 3 vierzählige, 4 dreizählige und 6 zweizählige Achsen. Dementsprechend treten in einem Röntgenbild bei Durchleuchtung in der Richtung einer Würfelachse [100] 2 SE parallel zu den Würfelflächen, 2 SE parallel zu den Rhombendodekaederflächen, 1 vierzählige Achse und 1 SZ auf. In der Richtung einer Würfelflächendiagonale [110] treten 2 SE senkrecht und wagerecht, 1 zweizählige Achse und ein SZ auf. In der Richtung einer Würfeldiagonale [111] treten drei SE und eine dreizählige Achse auf, wenn die photographische Platte senkrecht zum Primärstrahl steht

Abb 24. 21 vH gestaucht. **Abb. 25.** 63 vH gestaucht. **Abb. 26.** 235 vH gestaucht.

Abb. 24 bis **26.** Laue-Aufnahmen eines wechselseitig gestauchten Aluminiumwürfels (6.5 mm Kantenlänge, Korngröße vgl. Abb. 13) bei Durchleuchtung in Richtung senkrecht zu einer Würfelfläche.

RZ819Z26-28

Abb. 28. Durchleuchtung in Richtung einer Würfelflächendiagonale, d. h. senkrecht zu einer Rhombendodekaederfläche. (Zweizählige Achse: 1 in Abb. 27.)

Abb. 29. Durchleuchtung in Richtung einer Würfeldiagonale, d. h. senkrecht zu einer Oktaederfläche. (Dreizählige Achse: 2 in Abb. 27.)

Abb. 30. Durchleuchtung in Richtung einer Würfelkante, d. h. senkrecht zu einer Würfelfläche. (Vierzählige Achse: 3 in Abb. 27.)

Abb. 28 bis **30.** Debye-Scherrer-Aufnahmen von einem wechselseitig gestauchten feinkörnigen Aluminiumwürfel in verschiedenen Durchleuchtungsrichtungen. (Kantenlänge 6,5 mm.)

die Verformungsvorgänge in ihrer Wirkung auf die Anordnung der Gitterbereiche übereinanderlagern[1]).

Die im folgenden ausführlich wiedergegebene Auswertung der Diagramme ergibt die durch Abb. 31 veranschaulichte Anordnung der Gitterlagen als die einfachste Anordnung, die mit den Röntgenaufnahmen in Übereinstimmung steht. Die Gitterwürfel des Aluminiums liegen hierbei im Probewürfel in der Nähe von drei Stellungen, die aus dem Probewürfel durch einmalige Drehung um 45° in je einer der drei Würfelflächen hervorgehen.

Die Bestimmung der Verformungsstruktur erfolgte in der Weise, daß mit Hilfe der in der Kristallographie viel verwendeten stereographischen Projektion diejenigen Kristallagen ermittelt wurden, die den Maximalintensitäten bzw. den leeren Stellen auf den Debye-Scherrer-Kreisen einer Fläche bei Durchleuchtung in je einer der drei Richtungen entspricht. Führt man dann die Symmetrieoperationen des Würfels, d. h. des kubischen Systems (vergl. Anm. 1 S. 1601), an den gefundenen Lagen aus, so erhält man eine Lagenmannigfaltigkeit, die nur mit wenigen einfachen Annahmen über die Anordnung der Kristallteile verträglich ist. Mit diesen Kristallagen müssen dann auch andre Flächen mit ihren experimentell gefundenen Häufungsstellen befriedigend übereinstimmen.

[1]) Es ergibt sich hieraus die Möglichkeit, die von K. Weißenberg, Ann. Phys. (4) Bd. 69 (1922) S. 409, als denkbar hingestellten statistischen Anordnungen von Kristallagen zu verwirklichen. Die vorliegende Verformungsstruktur gehört der Klasse 5 (Oktaeder oder Würfelklasse) nach der Weißenbergschen Systematik an.

Im einzelnen erfolgt die Auswertung etwa folgendermaßen: Abb. 32 bis 34 zeigen schematisch die Intensitätshöchstwerte auf den {111}-Kreisen in den drei Durchleuchtungsrichtungen: 1. für die zweizählige Achse, vergl. Abb. 28, 2. für die dreizählige Achse, vergl. Abb. 29, und 3. für die vierzählige Achse, vergl. Abb. 30.

Abb. 31. Lage der Gitterwürfel in einem wechselseitig gestauchten Würfel aus Aluminium.

Abb. 27. Lage der Plättchen für die Kombinationsaufnahmen an einem wechselseitig gestauchten Aluminiumwürfel. Der Pfeil bedeutet die Durchleuchtungsrichtung.

Abb. 32. Durchleuchtung in Richtung einer zweizähligen Achse (Abb. 28).

Abb. 33. Durchleuchtung in Richtung einer dreizähligen Achse (Abb. 29).

Abb. 34. Durchleuchtung in Richtung einer vierzähligen Achse (Abb. 30).

Abb. 32 bis **34.** Schematische Wiedergabe der Intensitätshöchstwerte auf den Oktaederkreisen der Debye-Scherrer-Aufnahmen in Abb. 28 bis 30 bei Durchleuchtung eines wechselseitig gestauchten Aluminiumwürfels in verschiedenen Richtungen.

Abb. 35. Die den Intensitätshöchstwerten in Abb. 32 bis 34 zugehörigen Lagen der Oktaederflächen.

Abb. 36. Die Lagen nach Abb. 35, der Symmetrie des Würfels entsprechend vervielfältigt. Daneben sind die Umrisse von Streuungsbereichen von Abb. 37 eingezeichnet.

Abb. 35 bis 36. Gang der Bestimmung der Verformungsstruktur eines wechselseitig gestauchten Aluminiumwürfels. Bestimmung der Lagen der Oktaederflächen in stereographischer Projektion. (Jeder Punkt entspricht nur einer bestimmten Lage der Oktaederflächen.)

Je ein Durchstoßpunkt 1, 2, 3 solcher Achsen auf der Lagenkugel und die dazugehörigen Reflexionskreise mit dem Glanzwinkel $\alpha = 10^\circ\ 7'$ sind in Abb. 35 in stereographischer Projektion eingezeichnet und auf ihnen die beobachteten Intensitätshöchstwerte stark eingetragen[1]). Diese Lagen der Oktaederfläche {111} werden also durch die drei Röntgenaufnahmen aus der tatsächlich vorhandenen Lagenmannigfaltigkeit als diejenigen herausgeschnitten, die bei jeder Aufnahme von den reflektierenden am dichtesten belegt sind.

Mit diesen Lagen nimmt man nun die Symmetrieoperationen des Würfels vor. Oder in andern Worten: Die Durchleuchtungsrichtungen in Abb. 35 sind insofern willkürlich eingezeichnet, als z. B. Richtung 1 ebensogut bei 1′, 1″, 1‴, Richtung 3 bei 3′, 3″, 3‴, 3″″ usw. liegen kann. Die gefundenen Lagen müssen dementsprechend vervollständigt werden. Abb. 36 zeigt die sich schließlich bei vollständiger Durchführung der Symmetrieoperationen ergebende Figur.

Nachdem auf diese Weise die Aussage der drei Röntgenbilder bezüglich der Verteilung der drei wichtigsten Flächenscharen: Oktaederfläche {111}, Würfelfläche {200} und Rhombendodekaederfläche {220}[2]) festgelegt ist, sind solche Lagen der Gitterbereiche aufzusuchen, die mit der gefundenen Intensitätsverteilung am besten in Einklang stehen[3]). Wir finden, daß die Struktur am einfachsten beschrieben wird, wenn die drei Stellungen der Gitterwürfel entsprechend Abb. 31 als Mittellagen der stärkst belegten Stellen angesehen werden. An Hand der stereographischen Projektion lassen sich die Lagen der verschiedenen Flächen für diese Stellungen leicht konstruieren. In Abb. 37 bis 39 sind nun um diese Lagen jeder Fläche, die für die drei verschiedenen Stellungen durch die Zeichen ○, □ und ◇ gekennzeichnet sind, Bereiche umschrieben, die etwa einer allseitigen Streuung von 15 und 25° entsprechen, und der Bereich geringerer Streuung voll, der Bereich größerer Streuung gestrichelt schraffiert.

Die Umrisse dieser Bereiche für die Oktaederflächen, Abb. 37, sind auch in Abb. 36 neben den für die Oktaederfläche gefundenen Interferenzhöchstwerten eingezeichnet. Diese Höchstwerte der Oktaederflächen passen sich diesen Bereichen gut an, und das gleiche ist auch bezüglich der Würfelflächen und Rhombendodekaederflächen der Fall. Abb. 37 bis 39 veranschaulichen also die Lagen der verschiedenen Flächenscharen im wechselseitig gestauchten Würfel in der Weise, daß die voll schraffierten Bereiche die am stärksten vertretenen Lagen umfassen, während die weiß gebliebenen Stellen die besonders schwach belegten Stellen angeben. Quantitativ läßt sich die Verteilung auf dem hier eingeschlagenen Wege nicht feststellen.

Diese Anordnung läßt sich auch in der Weise beschreiben, daß man sie als Übereinanderlagerung von drei Druckstrukturen zu jeder der drei Druckrichtungen ansieht, von denen jedoch nur die einander überschneidenden, also die dann intensivsten Lagen in Erscheinung treten. Diese Auffassung schafft eine Verknüpfung zwischen der Struktur des gewöhnlichen und der des wechselseitigen Stauchversuches und entspricht dem Bedürfnis nach einem physikalischen Verständnis für die Entstehung verwickelter Verformungsstrukturen.

Bereiche stärkster Belegung
Bereiche mittlerer Belegung
Bereiche schwacher Belegung
○ theoretische Lagen der Flächen, wenn eine Würfelfläche ∥ Blattebene
□ theoretische Lage der Flächen, wenn eine Würfelfläche ⊥ Blattebene und ⊥ Zeilen
◇ theoretische Lage der Flächen, wenn eine Würfelfläche ⊥ Blattebene und ∥ Zeilen

Aus den durch Kreise und Vierecke bezeichneten theoretischen Lagen, die denen der Abb. 31 entsprechen, sind Bereiche von 15 und 25° Streuung als Bereiche stärkster und mittlerer Belegung konstruiert, wodurch die Lagenmannigfaltigkeit mit der durch Abb. 36 wiedergegebenen experimentell gefundenen in gute Übereinstimmung kommt.

Abb. 37. Lage der Oktaederflächen der Gitterteilchen von Aluminium in einem wechselseitig gestauchten Würfel.

[1]) Bei der Ausführung dieser Operation muß zuerst der Punkt in der stereographischen Projektion aufgesucht werden, der den senkrechten Richtungen in den Aufnahmen entspricht.

[2]) {200} bedeutet, daß die Würfelfläche {100} erst in 2. Ordnung im Röntgenbild auftritt. Entsprechendes gilt für {110}.

[3]) Schwierigkeiten bietet hierbei der Umstand, daß die gefundenen Intensitätsmaxima ja nur etwas über die Intensitätsverteilung längs der Reflexionskreise aussagen, die verschiedentlich an den stärkst belegten Stellen vorbeilaufen.

Abb. 38. Lagen der Würfelflächen der Gitterteilchen von Aluminium in einem wechselseitig gestauchten Würfel.

Aufbau- und Eigenschaftsänderungen durch Kaltverformung.

Jede Kaltverformung von Kristallhaufwerken bewirkt, wie am hier beschriebenen Beispiel auseinandergesetzt ist, sowohl Änderungen des Aufbaues, insbesondere eine Gleichrichtung in der Orientierung verschiedener Kristalle und erhöhte Streuung in der Orientierung der Teile jedes einzelnen Kristalls, als auch Änderungen der mechanischen Eigenschaften. Letztere werden unter dem Begriff der Verfestigung zusammengefaßt. Das Bestreben geht dahin, die Eigenschaftsänderungen mit den Aufbauänderungen zu verknüpfen. Metallographische und röntgenographische Beobachtungen haben jedoch bisher noch keinen eindeutigen Zusammenhang ergeben. Es sind verschiedene Fälle beobachtet, wo bei anscheinend unverändertem Aufbau starke Veränderungen der mechanischen Eigenschaften eintreten. Und zwar bleibt einerseits beim Glühen kaltverformten Materials bisweilen das Gefüge des kaltverformten Stoffes erhalten, während die Festigkeit stark abfällt[1]), während anderseits bei Kristallen, die dem Röntgenbild nach sich im Urzustande befinden, Eigenschaften vorliegen, die dem verformten Zustand entsprechen[2]). Hier scheint eine erhebliche Verfeinerung der bisherigen Röntgenverfahren unter Heranziehung optischer Erscheinungen notwendig zu sein.

Abb. 39. Lagen der Rhombendodekaederflächen der Gitterteilchen von Aluminium in einem wechselseitig getauchten Würfel.

Zusammenfassung.

1. Wechselseitiges Stauchen von Aluminiumwürfeln hat eine ständig zunehmende Verfestigung zur Folge. Diese ist jedoch nach gleichwertigen Verformungen bei wechselseitigem Stauchen geringer als beim gewöhnlichen Stauchversuch.
2. Durch wechselseitiges Stauchen oder Schmieden wird die verschiedenartige Reflexion der einzelnen Kristalle teilweise ausgeglichen. Die Richtungen stärkster Reflexion verschiedener Körner nähern sich bestimmten Lagen und jedes Korn reflektiert ungleichmäßiger als vor der Verformung.
3. Beim gewöhnlichen Druckversuch nehmen die regulär-flächenzentriert gebauten Gitterelemente des Aluminiums Lagen ein, bei denen eine Würfelflächendiagonale [110] der Druckrichtung nahezu parallel liegt: Druckstruktur.
4. Bei wechselseitigem Stauchen stellen sich die Gitterwürfel des Aluminiums in drei gleichwertige Lagen ein, die aus der Stellung des Probewürfels durch Drehung um 45° in je einer seiner drei Würfelflächen hervorgehen.
5. Bei der Zug- und Druckstruktur ist die Richtung größter Längung eine [111]-Richtung. Die Struktur des wechselseitigen Stauchens kann als eine Übereinanderlagerung von drei Druckstrukturen zu jeder der drei Druckrichtungen aufgefaßt werden.
6. Eine eindeutige Verknüpfung der Eigenschaftsänderungen mit den Gefügeänderungen ist bisher nicht möglich. [B 819]

Bei den Röntgenuntersuchungen wurden wir durch Herrn Ing. Rati, bei den metallographischen Untersuchungen von Fräulein Ch. Zierold unterstützt. Der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaften sind wir für Bewilligung von Mitteln zur Ausführung der Versuche zu besonderem Danke verpflichtet.

[1]) G. Sachs, Grundbegriffe der mechanischen Technologie der Metalle, Leipzig 1925, S. 162, 172. F. Koref, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 213.

[2]) F. Koref, Z. f. Elektrochemie Bd. 28 (1922) S. 511, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 218.

Drehstrommotor mit vollkommen regelbarer Drehzahl.

Ein Drehstrommotor, der durch eine besondere Vorrichtung regelbar gemacht ist, wird für den Antrieb von Wanderrosten und Fördermitteln neuerdings von einer amerikanischen Firma gebaut. Voraussetzung ist freilich, daß die Antriebe keine völlig gleichmäßige Antriebgeschwindigkeit verlangen, sondern auch eine schwankende zulassen, bei der nur die mittlere Drehzahl verändert wird. Die Einrichtung besteht darin, daß ein Drehstrommotor mit zwei oder mehr unabhängigen Wicklungen in den Nuten versehen wird, die ihm durch verschiedene Polzahlen veränderte Grunddrehzahlen geben; diese sind entsprechend der Charakteristik eines Kurzschlußmotors von der Belastung kaum abhängig. Die Anordnung ist nicht neu und wird auch bei deutschen Motoren zum Regeln benutzt.

Der Steuerschalter, der zum Regeln der Drehzahl dient, unabhängig von der Motorgröße ist und dessen Betätigungsschalter in beliebiger Entfernung von diesem aufgestellt werden können, enthält eine kupferne Kontaktwalze, die durch einen besonderen kleinen Motor mit gleichmäßiger geringer Drehzahl (etwa einer Umdrehung in der Minute) angetrieben wird. Diese Walze wird durch einen oder mehrere, schräg zu ihrer Drehachse verlaufende, mit Isoliermaterial gefüllte Schlitze in Sektoren geteilt, die je mit einer der unabhängigen Wicklungen des Hauptmotors verbunden werden. Über die Walze wird eine Kontaktbürste längs eines Schiebers einstellbar geführt, so daß der Motor entweder ganz mit einer Wicklung betrieben werden kann oder durch entsprechende Verschiebung dieser Kontaktbürste zeitweilig mit einer andern. Entspricht beispielsweise der ersten eine Drehzahl von 600, der andern eine solche von 1200, so wird der Motor zunächst mit 600, dann mit einer etwas höheren, stufenlos bis 1200 Uml./min regelbaren mittleren Drehzahl laufen. Sodann wird wiederum nur eine einzige Wicklung dauernd gespeist. Auch Regelung von null aufwärts läßt sich so erreichen. Der Motor ist natürlich wesentlich schwerer und teurer als ein solcher gleicher Leistung mit nur einer Ständerwicklung. („Power" 11. August 1925 S. 222/23*.) [N 877] Günther.

RUNDSCHAU.

Schiffs- und Seewesen.

26. Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft am 19. und 20. November 1925 in Berlin.

Die Vorträge behandelten: Möglichkeiten, die sich aus der Verwendung einer hydromechanischen Föttinger-Kupplung in Verbindung mit verschiedenen neuzeitlichen Maschinengattungen (leichten Ölmotoren, Turbinen und Dampfmaschinen) ergeben; brennstoffkritische Betrachtungen mit Rücksicht auf die Verwendung von Ölen auf Schiffen; Normungsfragen; dynamisch-statische Wuchtmaschinen und Materialprüfmaschinen für große Kräfte; Festigkeitsfragen; Bedeutung der Schraubenstrahltheorie für den Entwurf von Antriebschrauben.

Direktor Dr.-Ing. eh. Bauer, Hamburg, sprach über:

Weitere Fortschritte im Schiffsantrieb durch schnellaufende Ölmotoren und in der Verwendung von hydromechanischen Getrieben.

Der Vortrag schließt an den im vorigen Jahre bei der gleichen Gelegenheit gehaltenen an. Damals lagen nur die Fahrtergebnisse eines kleinen, mit Vulcangetriebe ausgerüsteten Versuchsschiffes vor. Inzwischen sind zwei weitere Schiffe, das Motorschiff „Duisburg" der Deutsch-Austral- und Kosmoslinien von 9500 t Tragfähigkeit und das Motorschiff „Altenfels" von 11 300 t Tragfähigkeit der Hansa-Linie, Bremen, fertiggestellt und erprobt worden. Das hydromechanische Getriebe besteht aus einem großen Zahnrad auf der Schraubenwelle, auf das das Ritzel arbeitet. Am vordern Ende der Ritzelwelle befindet sich eine Flüssigkeitskupplung für Vorwärtsgang und am andern ein Föttinger-Transformator für Rückwärtsgang. Als Antriebmaschinen sind bei beiden Schiffen schnellaufende, nicht umsteuerbare Viertakt-Dieselmaschinen verwendet worden. Im Betrieb hat sich ein überraschend niedriger Brennstoffverbrauch ergeben, der darin begründet ist, daß die schnellaufenden Ölmaschinen den langsam laufenden hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit nicht nachstehen, daß der Verlust in der Kupplung im Durchschnitt nicht mehr als 2,5 bis 2,8 vH beträgt, daß bei „Duisburg" eine Abgasverwertung in einem Hilfskessel eine Ersparnis von etwa 4½ vH ergibt, und daß die Schraube bei nur 75 Uml./min einen sehr hohen Wirkungsgrad erreicht. Schließlich wird durch einen Umlaufregler eine bestimmte Höchstdrehzahl der Motoren gesichert.

Das Motorschiff „Altenfels" hat mit 3560 PS_e 12,2 Kn im Betriebe erreicht. Bei der Probefahrt wurde festgestellt, daß von voller Vorwärtsleistung ausgehend die volle Rückwärtsleistung in 19 s erreicht wird. Dabei beträgt die Rückwärtsleistung rd. 76 vH der Vorwärtsleistung.

Auf Grund dieser günstigen Erfahrungen sind die Vulcan-Werke an die Erprobung ihres hydromechanischen Getriebes in Verbindung mit schnellaufenden doppeltwirkenden Viertakt- und Zweitaktmotoren gegangen. Gelegenheit hierzu ergab sich bei dem Umbau des Frachtdampfers „Wulsty Castle" von 6500 t Tragfähigkeit in ein Motorschiff. Die Drehzahl der beiden doppeltwirkenden dreizylindrigen Viertaktmotoren beträgt 245 Uml./min, die der Schraubenwelle 80 Uml./min. Zur Erledigung dieses Auftrages wurde eine Versuchsmaschine hergestellt, bei deren Konstruktion Vertreter der Firmen William Beardmore & Co., Ltd., und Franco Tosi mitgearbeitet haben. Die Maschine hat den Tosi-Wechselschieber auf Boden- und Deckelseite erhalten, was die Anordnung eines einzigen Kanals und Ventils für Luftansaugung und -auspuff ermöglicht. Der Versuchszylinder hat ohne Kompressor durchschnittlich 290 PS bei 240 Uml./min erreicht und 178 g/PS_eh Brennstoff verbraucht. Mit angehängtem Kompressor dürfte der Brennstoffverbrauch 190 g/PS_eh betragen.

Die Versuchsmaschine mit doppeltwirkendem Zweitakt ist nach der Bauart der MAN hergestellt, wie sie sich bei langsamlaufenden Maschinen bewährt hat, es war deshalb die Bewährung bei schnellaufenden Maschinen festzustellen. Der Versuchszylinder hat bei 240 Uml./min, 1 m W.-S. Spüldruck und 180 bis 190 g/PS_eh Brennstoffverbrauch 440 PS_e erreicht. Der Ölverbrauch war bei 200 Uml./min und 380 PS_e am geringsten. Die Leistung für Spülung und Kompressor ist in diese Leistung nicht einbegriffen. Hinsichtlich der Betriebsicherheit gaben die Versuche keinen Anlaß zu Bedenken.

Auf Grund dieser Versuche und Erfahrungen wurde eine Anzahl Vergleiche ausgearbeitet, die erkennen lassen, welche Vorteile man bei der Verwendung des hydromechanischen Getriebes erreichen kann. Es wurden verglichen:

1. Getriebe in Verbindung mit doppeltwirkenden Viertaktmotoren („Wulsty Castle") und einfachwirkenden Viertaktmotoren („Duisburg"), wobei die erste Anlage einen um 3,5 m kürzeren Maschinenraum und 220 t Gewichtersparnis ergibt;
2. kleines Fahrgastschiff (Entwurf) mit vier Maybachmotoren von je 120 PS_e Leistung bei 1200 Uml./min, die paarweise auf ein Getriebe arbeiten, und eine Anlage mit Dreifachexpansionsmaschinen und Kesseln. Die Motoranlage erfordert 5 m Maschinenraumlänge und wiegt 43 t, die Dampfanlage 15 m Länge und 135 t.

Mit Rücksicht auf die Tatsache, daß der Preisunterschied zwischen Treiböl und Kohlen für die Wärmeeinheit in der letzten Zeit immer größer geworden ist, wurden die folgenden Entwürfe besprochen:

1. Vulcan-Getriebe mit Kolbendampfmaschine und Abdampfturbine,
2. Vulcan-Getriebe mit Dieselmotor, Kolbenmaschine und Abdampfturbine.

Außer hoher Wirtschaftlichkeit würde solch eine Anlage den Vorteil haben, daß die Preisunterschiede in den Welthäfen ausgenutzt und das Schiff unter Umständen mit verringerter Geschwindigkeit fahren kann.

In der anschließenden Erörterung wies Ministerialrat Laudahn, Berlin, auf die günstigen Aussichten hin, die sich bei Verwendung schnellaufender Motoren für Kriegsschiffe ergeben: da durch den Versailler Gewaltspruch die Verdrängung deutscher Kriegsschiffe beschränkt ist, sind gerade die bei der Maschinenanlage zu erreichenden Gewichtersparnisse von besonderer Wichtigkeit. Daß sich bei Verwendung des Getriebes in Verbindung mit schnellaufenden Motoren die Bauhöhe verringert, ist ein weiterer Vorteil für Kriegsschiffe.

Direktor Goos, Hamburg, betonte, daß die Schwierigkeit bei schnellaufenden Dieselmotoren in der Kolbenkühlung liege, und daß man erst dann mit einem einwandfreien Betrieb rechnen könne, wenn die Kolben so klein sind, daß von einer Kolbenkühlung abgesehen werden kann. Die Hamburg-Amerika-Linie hat sich aus diesen Gründen nicht entschließen können, für ihr neues Schiff „Hamburg" Dieselmotoren vorzusehen, und ist bei Getriebeturbinen geblieben.

Oberinspektor Müller von der Hamburg-Südamerikanischen Dampfschiffahrtsgesellschaft wies demgegenüber auf die günstigen Erfahrungen hin, die seine Firma mit den beiden Fahrgast-Motorschiffen „Monte Sarmiento" und „Monte Olivia" gemacht hat. „Monte Sarmiento" verbraucht täglich insgesamt 29,8 t Treiböl, „Monte Olivia" bei 17 800 t Verdrängung und 12,9 Kn nur 25,5 t. Der günstigere Brennstoffverbrauch bei „Monte Olivia" ist auf die weitgehende Abgasverwertung zurückzuführen. Der Wirkungsgrad der Zahnradgetriebe, die bei diesen Schiffen mit den Motoren unmittelbar gekuppelt sind, ist 99 vH. Die Hamburg-Amerika-Linie hat mit solchen Maschinenanlagen bei ihren Frachtschiffen „Münsterland" und „Havelland" so günstige Erfahrungen gemacht, daß sie auch für das Motorschiff „Friesland" die gleiche Anlage vorgesehen hat.

Professor Dr. Föttinger erklärte die Strömungsvorgänge bei der langsam laufenden hydraulischen Kupplung.

Es folgte der Vortrag von Dr. A. Aufhäuser, Hamburg: Brennstoffkritische Betrachtungen zum Ölfeuerungs- und Ölmotorbetrieb an Bord von Seeschiffen. Die Betrachtung der Vorgänge bei der Zündung und Verbrennung klärt die Verwendungsmöglichkeit der Öle als Treib- oder als Heizöle.

Über

die praktische Durchführung der Normung im Werftbetriebe

sprach Dr.-Ing. Immich, Wilhelmshaven. In Z. Bd. 48 (1904) S. 1221 hat Dr. F. A. Neuhaus die Grundzüge der Normungsarbeit dargelegt, die auch heute noch maßgebend sind. In der Schiffbautechnischen Gesellschaft ist die Normung erstmalig 1919 von Obering. Sütterlin behandelt worden, wobei auf die vom HNA geleistete Normungsarbeit eingegangen wurde. 1920 hat Direktor Regenbogen die Ersparnisse nachgewiesen, die durch Normung erzielt werden — die folgenden Ausführungen schließen sich an diese Arbeiten an und gehen von der Voraussetzung aus, daß die Normen in einem Werftbetriebe neu einzuführen sind.

Die Einführung der Normung ist mit organisatorischen Fragen eng verknüpft, und es ist nicht angängig, daß der bestehenden Organisation nur eine Normenabteilung als Anhängsel beigegeben wird.

Das Ziel der Normung ist Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Unternehmens. Die Wirtschaftlichkeit bestimmt gleichzeitig die Grenze, bis zu der man bei der Durchführung gehen kann. Die Vereinfachung wird dadurch erreicht, daß an Stelle der Sonderherstellung die fabrikationsmäßige Herstellung in wohldurchdachten Reihen durchgeführt wird, womit eine Verbilligung des Erzeugnisses, Einschränkung der Lagerhaltung, Verminderung des festgelegten Kapitals und eine Steigerung von Ausführungsgüte und Umsatz erreicht werden. Mittelbar

steigert die Normung die Wirtschaftlichkeit durch endgültige Regelung strittiger Fragen und Entlastung wertvoller Arbeitskräfte, die für nutzbringende Arbeit frei werden und diese arbeitsfreudig ausführen.

Mit dem Entschluß zur Normung muß an Stelle des Nebeneinanderarbeitens die Gemeinschaftsarbeit treten. Diese ist jedoch nur möglich, wenn auch die Reedereien und diejenigen Stellen, die Vorschriften erlassen, die Gemeinschaftsarbeit fördern und sie nicht durch Sonderbestimmungen untergraben.

Zur Einführung der Normung ist zunächst eine der Leitung unmittelbar unterstellte Normenstelle für das ganze Werk zu schaffen, ganz gleich, ob diese nicht nur Schiffbau, sondern auch Maschinen-, Motoren-, Lokomotivbau usw. betreibt. Der Leiter der Normenstelle muß ein besonders befähigter Mann sein, der durch sein Auftreten und seine Kenntnisse besonders in den ersten Jahren den Erfolg der Normung sichert. Auch seine Untergebenen sollen in ihrem Fach tüchtig sein und der Normung Verständnis entgegenbringen.

Die Aufgaben der Normenabteilung sind

1. Ausbau des Normenwerkes und Überwachung seiner Anwendung,
2. Sorge für Herstellung, Beschaffung und Lagerhaltung von Normenteilen.

Das Normenwerk zerfällt in gestaltende und organisatorische Normen. Für den Aufbau der gestaltenden Normen kann sich die Normenabteilung auf die Arbeiten des HNA und des NDI stützen, die in den Normenblättern niedergelegt sind; allerdings handelt es sich hierbei nur um eine Vorarbeit, die die Werften nicht von eigener Normungsarbeit befreien kann. Im wesentlichen sind folgende Arbeiten auszuführen:

1. Ausgleich zwischen HNA- und DI-Normen,
2. Normenaussonderung,
3. Festlegung der Normenteilbezeichnung,
4. Festlegung des Werkstoffes.

Zu 1. Da der HNA die Belange eines viel kleineren Kreises zu berücksichtigen hatte, konnte er schneller vorgehen; das hat zu verschiedenen Normen geführt. Erwähnt seien die verschiedenen Zeichnungsformate, das $^{3}/_{8}$″-Gewinde an Stelle des metrischen 10 mm-Gewindes und die Maßunterschiede bei einer Reihe von Schrauben und Splinten.

Zu 2. Da die Zahl der vom HNA und NDI herausgegebenen Normenblätter sehr groß ist, ist eine Aussonderung der Blätter für einzelne Dienststellen erforderlich.

Zu 3. Die Normenteilbezeichnung ist noch nicht einheitlich, was zu Unzuträglichkeiten führt.

Zu 4. Hier ist ein weites Arbeitsfeld offen.

Die organisatorischen Normen sollen den Geschäftsgang regeln und werden von der Leitung selbst aufgestellt und der Normenabteilung zur Kenntnis gegeben. Sie wird damit zur Trägerin der Überlieferung im Unternehmen. Wichtig ist ferner die Verbreitung, die Aufrechterhaltung und ganz besonders die Überwachung der Anwendung des Normenwerkes. Hierzu ist eine Zeichnungsprüfstelle einzurichten. Schließlich sind noch die Fragen der Herstellung von Normenteilen, ihrer Beschaffung von außerhalb und ihrer Lagerung zu klären.

Mit Aufstellung der DI- und HNA-Normen ist eine gewaltige Arbeit geleistet worden; die schwierigste und zeitraubendste Arbeit, nämlich die Einführung der Normen in die allgemeine Praxis liegt noch vor uns.

In der Aussprache dankte der geschäftsführende Leiter des NDI, Direktor Dr. Hellmich, den Werften für ihre Mitarbeit und betonte die Notwendigkeit der Einführung der Normen. Das Ausland sei dabei, die deutschen Normen kurzerhand einzuführen, und es könnte dahin kommen, daß es so vor uns den Vorteil aus der Normungsarbeit zieht.

Direktor Goos und besonders Obering. Sütterlin wiesen die Angriffe des Vortragenden auf den HNA zurück und betonten die Einmütigkeit, die in den Werft- und Reedereikreisen bei der Einführung der HNA-Normen geherrscht hat. Man könne nicht alles: Lokomotiven, Schiffe, Automobile usw., unter einen Hut bringen, sondern müsse den Sonderforderungen im Schiffbau durch besondere Normen gerecht werden.

Über

„Neuere vereinigte dynamisch-statische Wuchtmaschinen“

sprach Dr. H. Hort, Essen. Da der statische Fehler grundsätzlich andere Erschütterungen bedingt als der dynamische, und da die erstgenannten Erschütterungen allgemein von größerer praktischer Bedeutung sind, weil sie häufig in den Bereich der Betriebsumlaufzahl fallen, hat die Firma Krupp neben der dynamischen Nachprüfung auch die statische durchgebildet und Maschinen herausgebracht, mit denen das Wuchten in beider Hinsicht vorgenommen werden kann. Wichtig für schnelles Arbeiten ist der in Amerika viel gebrauchte Wuchtkopf.

Bei den neuerdings immer höher steigenden Umlaufzahlen ist die Frage wichtig, ob das dynamische Wuchten eines Umlaufkörpers bei der Betriebsumlaufzahl ausgeführt und dabei gleich eine Schleuderprobe ausgeführt werden soll, oder ob man sich mit einer niedrigeren Umlaufzahl begnügen darf. Mit Rücksicht auf bereits eingetretene Unglücksfälle und mit Rücksicht darauf, daß sich beim Versuch doch nicht alle Betriebsverhältnisse einhalten lassen, wird von der Wahl der Betriebsumlaufzahl abgeraten, es sei denn, daß der Versuch im Gehäuse selbst am Betriebsort vorgenommen wird. Wesentliche Schritte in dieser Richtung sind von Prof. Dr.-Ing. Blaeß in Darmstadt unternommen. Auch die Firma Krupp hat ein Verfahren zusammen mit dem Losenhausen-Werk ausgearbeitet. Die Aufgabe ist mit dem Wuchtkopf leicht zu lösen, wenn man ihn anbringen kann. Andernfalls sind die Schwingungsamplituden zu messen und gleichzeitig die höchsten Punkte auf der Welle zu markieren. Damit erhält man einen Anhalt für das Ansetzen der Ausgleichgewichte.

Dipl.-Ing. O. v. Bohuszewicz sprach über: „Die Messung großer Kräfte und moderne Materialprüfmaschinen.“ Zum Messen großer Kräfte dienen Gewichts- und Federwagen sowie Kraftmesser mit Volumenänderung (Amsler-, Wazau- und Losenhausen-Kraftmesser, Meßdosen). Das Wesen dieser Meßgeräte darf als bekannt vorausgesetzt werden. Es wird eine ganze Reihe von Ausführungen des Losenhausen-Werkes gezeigt, die sich durch Handlichkeit auszeichnen. Besonders beachtenswert sind die Meßeinrichtungen zur Feststellung der bei Arbeitsmaschinen auftretenden Kräfte.

Anschließend berichtete Prof. Schlesinger, Berlin, eingehend über Meßergebnisse bei allen möglichen Arbeitsmaschinen wie Drehbänken, Bohrmaschinen usw.

Die Spannungsverteilung in den Flanschen dünnwandiger Kastenträger behandelte Dr.-Ing. Schnadel. Wir werden später auf diesen Vortrag wie auf den von Dr. phil. H. Borck: Die Anwendung der Schraubenstrahltheorie auf Wasserpropeller, zurückkommen.

[N 1184] Dr.-Ing. W. Schmidt.

Technische Lehranstalten.

Pläne für die Erweiterungsbauten der Technischen Hochschule Berlin.

Abb. 1. Erweiterungsplan der Technischen Hochschule Berlin mit Erhaltung der Kurfürstenallee. M 1:4000.

Die ungeahnte Entwicklung der Technik, die seit Jahrzehnten im Gang ist, hat es mit sich gebracht, daß die Räume der alten Technischen Hochschulen, insbesondere der Berlins, nicht mehr für die Unterrichts- und Sammlungszwecke genügen. Auf dem Gelände der Charlottenburger Hochschule sind daher im Laufe der Zeit neue Bauten entstanden, die das Hauptgebäude entlasten sollen; diese konnten jedoch durch die ungünstige Gestaltung des Geländes so wenig dem Rahmen der bisherigen Bauten angepaßt werden, daß bei weiterer Bautätigkeit in diesem Sinne das Gesamtbild der Hochschule architektonisch wenig schön wirken würde. Es fehlt allen diesen Neubauten an Einheitlichkeit, und daher muß

bei der zukünftigen Ausdehnung der Gebäude nach einem einheitlichen Organisationsplan, soweit dieser noch möglich ist, vorgegangen werden. Zwei solcher Pläne gibt Prof. E. Blunck in der Deutschen Bauzeitung 1925 Nr. 23 bekannt.

Wie Abb. 1 und 2 zeigen, kann die weitere Ausdehnung der Technischen Hochschule hauptsächlich nach dem Gelände zwischen Kurfürstenallee, Hardenberg- und Fasanenstraße und auf dem Grundstücke der Militärtechnischen Akademie erfolgen. Denkt man sich diese Bebauung in bisheriger Art fortgeführt, so würde zwar auf dem Grundstück jenseits der Kurfürstenallee viel Nutzraum gewonnen werden, aber es entstände doch für die Hochschule ein unschönes Baumassengebilde, das zudem durch die Kurfürstenallee in zwei Hälften zerfiele, Abb. 1.

Bedenkt man jedoch, daß bereits heute die in der Kurfürstenallee liegenden Baracken fast ganz der Hochschule dienstbar gemacht sind und diese Straße zu 90 vH nur von Angehörigen der Hochschule benutzt wird, so kommt man zu dem Gedanken, ob es nicht möglich sei, die zwischen den beiden Bauplätzen liegende Kurfürstenallee einzuziehen und dadurch eine bessere Gestaltung der Baumassen und größere Nutzflächen zu erzielen. Die Ausführung nach diesem Plane zeigt Abb. 2. Die Fasanenstraße wäre bis an das Gartenufer als Fahrstraße zu verlängern und die Kurfürstenallee zwischen der Fasanenstraße und dem Platz am Knie vollkommen für die Benutzung der Hochschule dienstbar zu machen. Die Durchführung der Fasanenstraße, die in Zukunft wohl kaum zu umgehen ist, würde außerdem eine wichtige Entlastung des Verkehrs in der Joachimsthaler Straße und des Platzes am Knie mit sich bringen. Verfolgt man die Bebauung des dann gewonnenen großen Raumes zwischen Berliner, Fasanen- und Hardenbergstraße, so würde ein einheitlicher, in unmittelbarem Zusammenhang stehender Plan für die Gesamtbebauung des Platzes möglich sein. Hierbei sind die Räume der Studentenschaft, die vorläufig in den Baracken der Kurfürstenallee untergebracht sind, vollkommen aus dem Programm ausgeschieden und in ein besonderes Gebäude jenseits der Fasanenstraße verwiesen. Ferner ist angedeutet, wie die Militärtechnische Akademie, die jetzt nur in bescheidenem Umfange der Hochschule dient, erweitert werden könnte, und so auch dieses ganze Gelände für die Hochschule zur Verwendung gelangen würde.

Man kann jedoch jetzt noch nicht auf Einzelheiten eingehen, sondern es hat nur Sinn, klarzustellen, wohin die Entwicklung drängt und wie man sie in die richtigen Bahnen leiten kann. Es darf nicht, wie bisher, bald hier, bald dort ein kleiner Neubau errichtet werden, anderseits darf aber auch kein großer Erweiterungsbau geplant werden, ohne daß vorher die hier behandelte Grundfrage erledigt ist, welche Bauplätze eigentlich zur Verfügung stehen, und ob diese Bauplätze wirklich ausreichend sind.

[M 651] Js.

Abb. 2. Erweiterungsplan der Technischen Hochschule Berlin mit Einziehung der Kurfürstenallee. M. 1:4000.

Das Schneidzeug ergab bei Versuchen gegenüber dem Gewindestahl und dem geraden Strähler Mehrleistungen von rd. 50 vH bei eingängigem, 200 bis 500 vH bei zwei- und mehrgängigen Gewinden. Da die Schneidzahnspitzen, durch die Ringform bedingt, weit über Mitte arbeiten, ist ein Einhaken des Werkstoffes unmöglich[2]).

[M 983] Hä.

Werkzeuge.

Ein neues Gewindeschneidzeug.

Zur Herstellung von Gewinden, und zwar für Außengewinde von 12 mm, für Innengewinde von 40 mm an aufwärts, wird ein eigenartiger Gewindesträhler[1]) mit Vorteil angewandt, dessen besonderer Vorteil in der kreisbogenförmigen Gestaltung der Schneidbackenzähne *e* besteht, Abb. 3 und 4. Hierdurch und durch die Anordnung versetzter Gewindegänge ist erreicht, daß die schneidende Gewindespitze entlastet und die Schneidbacke gut geführt wird.

Zum Schneiden besonders genauer Gewinde — z. B. Gewindebohrer — empfiehlt sich der Gebrauch eines Vor- und Nachschneiders. Im Vorschneider ist eine Hohlkehle eingeschliffen, die die Schneidfähigkeit wesentlich vergrößert, aber eine geringfügige Veränderung der Gewindeform bedingt. Je nach der Werkstofffestigkeit schneidet man beim Vorschneiden mit einer Spandicke von 0,3 bis 0,5 mm. Während des Strählens muß reichlich mit nicht zu dünnflüssigem Bohröl gekühlt werden.

Der Halter *a* für diesen Gewindesträhler ist leicht federnd ausgeführt; ein kegeliger Stift *b* im unteren Teil des Halteschlitzes ist beim Vorschneiden mit der Hand fest einzuschieben, wird aber beim Nachschneiden etwas gelockert, so daß der Halter einige Zehntel Millimeter Spiel hat. Dadurch federt der Halter, und man erzielt sauberste Gewindeflanken. Flach-, Trapez- und Kordelgewinde schneidet man nur mit starrem Halter. Die beiden Kopfschrauben *c* und *d* dienen zum Festklemmen des Strählers.

[1]) Hergestellt von der Maschinenfabrik Westerheide, Düsseldorf.

Chemische Apparate.

Neue Geräte und Maschinen der chemischen Industrie.

Die Ausstellung für chemisches Apparatewesen (Achema), die in Nürnberg Anfang September stattfand, zeigte, welche hohe, häufig geradezu ausschlaggebende Bedeutung der Arbeit des Ingenieurs innerhalb der chemischen Industrie zukommt. Die Verarbeitung der Kohlen und ihrer Erzeugnisse wurde auf der Ausstellung besonders beachtet.

[2]) Weitere Angaben hierüber sind enthalten im „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) Heft 19 S. 941/42.

a Halter
b kegeliger Stift
c, d Kopfschrauben
e Schneidbacke

Abb. 3 und 4. Gewindesträhler mit kreisbogenförmigen Schneidbacken und versetzten Gewindegängen.

Abb. 5. Ununterbrochen arbeitende Dampfdestillation für Teer und Teererzeugnisse von Werner Borrmann, Essen.

a Abscheider *b*, *c*, *d* Kolonnen *e* Kondensator *f*, *g* Kühler *h*, *i*, *k* Warmwasser-Destillatkühler *l*, *m*, *n*, *o* Scheideflaschen p_1, p_2, p_3 Pumpen q_1, q_2 Sammler r_1, r_2, r_3 Dampferzeuger.

Teerdestillation mit ununterbrochener Arbeitsweise.

Neben solchen Einrichtungen, die die Gewinnung von Nebenerzeugnissen zum Ziel haben, wie Benzolanlagen, Gaswasser-Verarbeitungsanlagen und andern, war besonders bemerkenswert die ununterbrochen arbeitende Dampfdestillation für Teer und Teererzeugnisse von Werner Borrmann, Essen, Abb. 5. Infolge kürzester Erhitzungsdauer wird hier jegliche Feuergefahr bei der Arbeit vermieden. Jeweils werden nur kleinere Mengen von Teer (100 bis 150 l) auf einmal erhitzt und in einer Destillierkolonne, die ähnlich den bei der Alkoholgewinnung verwendeten Kolonnen aufgebaut ist, durch überhitzten Wasserdampf im Gegenstrom destilliert.

Abb. 6. Kolonnenapparat b, Abb. 5.

Abb. 7. Kondensator e, Abb. 5.

Die schwer siedenden Öle gehen bereits bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen über. Luftleere im Destillierapparat braucht nicht, kann aber bei Bedarf angewendet werden. Auch die Behandlung mit überhitztem Wasserdampf dauert nur wenige Minuten, während deren der Teer die Destillierkolonne durchströmt. Der Rückstand (Pech) wird ebenso wie die Öldämpfe abgeleitet und in Kühlern niedergeschlagen.

Die kurze Erhitzungsdauer von wenigen Minuten im Gegensatz zu der bisher üblichen tagelangen Erhitzung in den großen Destillierblasen gewährleistet das Zustandekommen eines reinen Erzeugnisses. Zersetzung und Überhitzung des Teeres werden vermieden, und durch gute Temperaturregelung wird die beste Trennung erreicht. Die Ölausbeute der Anlage ist sehr hoch. Die Destillationsverluste betragen nach den Messungen im Höchstfalle nur 0,5 vH.

Das Verfahren ist deshalb besonders wirtschaftlich, weil in dem Kühler der Kolonne *c* der kalte Rohteer zur Kühlung benutzt wird, der sich dabei gleichzeitig vorwärmt; dabei etwa entstehende Dämpfe werden im Abscheider *a* abgesondert. Der erwärmte Teer gelangt in den Sammelkasten q_1. Er wird durch den Vorerhitzer r_1 und durch den Abscheider *a* gedrückt, wo sich weiterhin leicht siedende Bestandteile absondern. Alle nicht in *a* abgeschiedenen Dämpfe werden im Kühler *f* niedergeschlagen und in der Scheideflasche *o* vom mitgeführten Wasser befreit. Das abgeschiedene Öl kann nochmals in der letzten Kolonne *d* aufgearbeitet werden.

Alle in *a* flüssig gebliebenen Bestandteile werden über den Haupterhitzer r_2 in die Hauptkolonne *b*, Abb. 5 und 6, gedrückt und dort durch überhitzten Wasserdampf, der in r_3 erzeugt wurde, abdestilliert. Die leichtflüchtigen Bestandteile durchlaufen noch die Kolonnen *c* und *d* und den Kondensator *e*, Abb. 5 und 7. In jeder der Kolonnen *b* bis *d* und in dem Kondensator *e* werden die am schwersten flüchtigen Bestandteile abgeschieden, so daß in diesen Kolonnen stufenweise durch Kondensation die einzelnen Fraktionen herausfallen. Die Zahl der Kolonnen kann selbstverständlich für feinere Scheidungen noch vermehrt werden.

In *d* und *e* wird mit Kühlwasser, in *c* mit Rohteer und Kondensationswasser aus dem Sammler *n* gekühlt. Der zur Destillation benutzte Dampf wird

Abb. 8. Reaktionsmaschine der Fabriken-Baubedarf-G. m. b. H.

a_1 a_2 Eintritt der Reaktionsstoffe b_1, b_2 genaue Regelung der Zuführung c_1, c_2 umlaufende Schleuderteller *d* Sammelgefäß *e* Auslauf *f* Antrieb *g* Kühlwasser- und Dampfaustritt *h* Kühlwasser- und Dampfeintritt.

a Saugstutzen
b Sammelkammer für Spaltwasser
c Ablaufstutzen für Spaltwasser
d Kugellager zur Aufnahme des Wellenschubes.

Abb. 9. Stoffbüchsenlose Hochleistungs-Schleuderpumpe.

Abb. 10. Ferraris-Säurepumpe von A. Borsig, Tegel.
a Saugleitung *b* Druckleitung.

in *d* und *e* niedergeschlagen und in *l* und *m* von den Ölen getrennt.

Die Siedegrenzen der einzelnen Fraktionen, die bei nur einmaliger Destillation aus Steinkohlenteer gewonnen wurden, sind folgende:

1. Leichtöl	80 bis	180 °C
2. Mittelöl	170 „	240 °C
3. Waschöl	200 „	300 °C
4. Anthrazenöl	270 „	350 °C
5. Pech		—.

Für die Verarbeitung von 1 t Rohteer wird ein Wärmeverbrauch von 250 000 kcal angegeben.

Die Anlagekosten sind bei dem neuen Verfahren geringer als bei Blasenapparaten, da auch für größere Leistungen nur ziemlich kleine Einrichtungen notwendig sind, für die man kleinere Gebäude braucht. Auch die Überwachung ist verhältnismäßig einfach.

Bisher sind Destillieranlagen nach dieser Arbeitsweise für 600 bis 3000 kg/h Teerverarbeitung gebaut worden.

Reaktionsmaschine.

Die Reaktionsmaschine nach Buhtz der Fabriken-Bau-Bedarf-G. m. b. H., Berlin, ist eine neue Erfindung. An ihrer endgültigen Ausgestaltung wird gegenwärtig noch gearbeitet. So kann an dieser Stelle nur das Wesentliche darüber gesagt werden.

Mit Hilfe dieser Reaktionsmaschine, Abb. 8, können zum erstenmal in einwandfreier Weise zwei zu mischende Flüssigkeiten von vornherein laufend quantitativ, d. h. im richtigen Verhältnis, miteinander in Berührung gebracht werden. Die Mischung wird an der Einlaufstelle dadurch bewirkt, daß die beiden Flüssigkeiten in feinem Strahl auf schnell umlaufende Scheiben laufen und durch Fliehkraft gemeinsam nach außen geschleudert werden, wodurch sie in dem Verhältnis, wie sie zulaufen, vollständig und schnell gemischt werden. Gleichzeitig kann an der Mischstelle gekühlt oder erwärmt werden. Ein sauberes, genaues Arbeiten ist so gewährleistet, da stets nur genau wie im Laboratorium kleinere Mengen gemischt werden.

Insbesondere hat man das Gerät auch zur Einleitung der Verseifung, Emulsionierung und der Bleiche von Seifen, zum ununterbrochenen Betriebe bei der Herstellung des Nitrobenzols, beim Sulfonieren von Naphthalin und Benzol, Nitrieren von Phenol und Naphthalin und vielen andern Reaktionen benutzt. Während man z. B. früher ganze Batterien von kleineren Rührgefäßen hintereinanderschaltete in der Absicht, immer nur kleine Mengen gleichzeitig reagieren zu lassen, kann man jetzt sauber und gefahrlos die neue Reaktionsmaschine anwenden.

Säurepumpen.

Die stopfbüchsenlose Schleuderpumpe der Gießerei und Maschinenfabrik Oggersheim, Paul Schütze & Co., A.-G., Abb. 9, zeigt keinerlei Dichtung am Durchtritt der Welle durch das Gehäuse. Die unvermeidlich auftretende Spaltflüssigkeit wird sofort abgeleitet. Sie läuft auf der Seite des Saugstutzens *a* sofort in diesen zurück und auf der andern Seite in die Kammer *b*, aus der sie sofort wieder durch die Leitung *c* in den Saugbehälter fließt. Ein Spritzring verhindert, daß Spaltflüssigkeit weiter nach außen dringt. Die Pumpe läuft infolgedessen gänzlich trocken und tropft auch bei Stillstand nicht. Vor dem Ingangsetzen muß sie, wie üblich, aufgefüllt werden. Die Pumpe wird aus verschiedenen Baustoffen hergestellt, wie säurebeständigem Gußeisen, Blei, Rotguß, Aluminium usw. Sie kann für Saug- und Zulaufbetrieb bei jeder beliebigen Förderhöhe verwendet werden. Beim Zulaufbetrieb ist eine besondere sehr einfache Rücksaugvorrichtung für die Spaltflüssigkeit vorgesehen.

Die Ferraris-Säurepumpe von A. Borsig, Tegel zeigt Abb. 10; hierbei kommt die Säure nicht mit der eigentlichen Pumpe in Berührung. Triebwerk, Kolben und Zylinder der Pumpe können aus normalem Baustoff hergestellt sein, nur der Werkstoff für den Pumpenkörper und den Zwischenbehälter muß entsprechend der zu fördernden Säure gewählt werden. Nachdem die Pumpe in der aus Abb. 10 ersichtlichen Weise mit Öl und Säure aufgefüllt ist, wird sie wie jede andre Pumpe betrieben. Das Öl dient nur als Sperrflüssigkeit. Der Gesamtwirkungsgrad der Pumpe wird mit 90 vH angegeben.

[M 1080] Dr.-Ing. K. W. Geisler.

Technische Mechanik.

Strömungswiderstand in Rohrleitungen.

In den Mitteilungen über Forschungsarbeiten des V. d. I. Nr. 44[1]) ermittelt Biel für den Widerstandsbeiwert λ bei strömender Flüssigkeit eine Formel, die den Ähnlichkeitsgesetzen[2]) anscheinend nicht genügt. Eine neue Untersuchung, über die ausführlich in dem soeben erschienenen Ergänzungsheft „Technische Mechanik" dieser Zeitschrift berichtet ist, zeigt, daß diese Formel zu einer Funktion der relativen Rauhigkeit und der Reynoldsschen Zahl wird, wenn die Abhängigkeit der als Versuchsmittelwerte gefundenen Beiwerte des „Zähigkeitsgliedes" von den Rauhigkeitsbeiwerten durch eine Gleichung festgelegt wird. Man kann dann aus jeder der von Biel für die verschiedenen Rauhigkeiten ermittelten Formeln für λ durch Berücksichtigung der „gleichförmigen" und der „ungleichförmigen" Rauhigkeit mit entsprechenden Zahlenwerten eine Gleichung ableiten, die der von Jakob und Erk[3]) für glatte Rohre ermittelten sehr nahe kommt. Die „gleichförmige" Rauhigkeit umfaßt hierbei die Erhebungen von etwa gleicher Form und Höhe, die dicht über die ganze Wandung verteilt, die „ungleichförmige" Rauhigkeit diejenigen von größerer Höhe, die unregelmäßig über die ganze Länge verstreut sind. Bis zu einer mit zunehmender verhältnismäßiger Rauhigkeit sinkenden Zahl R hat die gleichförmige Rauhigkeit keinen merklichen Einfluß. Bis zu diesem Punkte befinden sich die gleichförmigen Rauhigkeitserhebungen ganz in einer sehr dünnen, wirbellosen Randschicht, für die das Poiseuillesche Gesetz angewendet werden darf, und die gewissermaßen eine Schmierschicht zwischen Wand und Flüssigkeitszylinder bildet.

Im praktischen Betriebsbereich stimmt die Bielsche Formel gut mit der von Fritzsche abgeleiteten überein. Als Mittelwert zwischen beiden wird eine Näherungsformel angegeben, nach der ein Schaubild zur Ablesung der Drücke und Mengen insbesondere bei Gasfernleitungen gezeichnet ist. [N 1052]

[1]) Auszug siehe Z. Bd. 52 (1908) S. 1035.
[2]) Z. Bd. 56 (1912) S. 639. [3]) Z. Bd. 68 (1924) S. 581.

Kleine Mitteilungen.

Neue Sulzer-Zweitaktmaschine.

Auf der Ausstellung für Schiffahrt, Ingenieurwesen und Maschinenwesen in der Olympiahalle, London, hat die Firma Gebr. Sulzer, Winterthur, eine kompressorlose Zweitakt-Dieselmaschine von 300 PS_e Leistung vorgeführt, die wegen ihrer Größe und ihrer einfachen Bauart bemerkenswert ist. Auf dem in zwei Teilen hergestellten Grundrahmen von kastenförmigem Querschnitt, worin die Kurbelwelle gelagert ist, bauen sich zwei äußerlich ganz glatt aussehende Gußstücke auf, die je drei Zylinder, darunter die Spülpumpen, und hieran anschließend die zylindrischen Kreuzkopfführungen enthalten. Die Spülpumpen, die durch die Unterseite der Arbeitskolben betrieben werden, haben geräuschlose Ansaugklappen, die durch gewölbte Deckel geschützt sind. Die Laufbüchsen der Zylinder sind gesondert eingesetzt, die Deckel, die nur je ein Brennstoffventil enthalten, für sich abnehmbar.

Alle Hilfseinrichtungen für die Bedienung der Maschine sind an dem dem Schwungrad entgegengesetzten Ende vereinigt. Hier befindet sich eine sechsfache Brennstoffpumpe, die zur Hälfte beim Anlassen mit der Hand bedient wird, während die Steuerung der andern Hälfte mit dem Anlaßhebel gekuppelt ist. Der Brennstoff tritt in der Hauptsache von oben her in eine gekühlte Vorkammer ein, in der vor dem Ende des Verdichtungshubes eine sehr geringe Brennstoffmenge zum Zweck der Vorzündung und Einspritzung der Brennstoffladung in den Zylinder verbrannt wird. Ein kleiner Kompressor liefert Anlaßluft von 21 at, die in einer Flasche aufgespeichert wird. Die Schmierung des gesamten Triebwerkes besorgt eine Umlaufpumpe. Die Maschine bildet mit den Kühleinrichtungen für Wasser und Öl eine abgeschlossene Gruppe. Bei voller Belastung soll der Verbrauch an flüssigem Brennstoff rd. 210 g/PS_eh und der Verbrauch an Schmieröl nicht mehr als rd. 0,5 l/h betragen. Bei Verwendung für Schiffsantrieb wird die Maschine umsteuerbar ausgeführt. („The Engineer" 4. Dezember 1925 S. 606*.) [N 1219 a] H.

Höchstdruck-Dampfkessel.

In Bridgeport in Amerika ist vor kurzem ein Dampfkessellaboratorium für 100 at Dampfspannung eingerichtet worden. Insbesondre werden Sicherheitsventile für Höchstdruck untersucht, und zwar bis zu einer Leistung von 30 t Dampf in der Stunde. Die Kessel werden mit Öl geheizt. Der Sammelkessel besteht aus einem Stück, hat 1200 mm Dmr. und 100 mm Wanddicke. Kessel und Überhitzer sind von Babcock & Wilcox geliefert. Besondere Sorgfalt ist den Wasserstandanzeigern gewidmet. Sie bestehen aus Glasplatten in Eisenfassungen; ein elektrischer Wasserstandanzeiger ist vorgesehen. Die Druckanzeigegeräte haben einen Meßbereich bis zu 167 at. Alle Hochdruckabschlüsse bestehen aus Doppelventilen mit Stahlkörpern. Es sind Einrichtungen vorhanden, um die Temperatur von Sattdampf bis auf 450 °C zu ändern. („Power" November 1925 S. 804*.) [N 1219 b] A.

Neuartiger Luftverdichter.

Die Norman Engineering Co. hat einen Verdichter gebaut, bei dem sich das Schaufelrad in einem Gehäuse von ellipsenförmigem Querschnitt dreht. Das Gehäuse ist teilweise mit klarem Wasser gefüllt, das bei der Umdrehung des Rades von den Schaufeln mitgenommen wird. Das Wasser wird durch die Fliehkraft nach außen gedrückt und gibt auf den langen Seiten der Ellipse eine Öffnung frei, durch die die Luft einströmt. Diese wird von den Schaufeln mitgenommen, an den engen Seiten der Ellipse durch den Druck des Wassers verdichtet und durch die Auslaßöffnungen gedrückt. Der Verdichter wurde auf der Olympia-Ausstellung für Schiffbau, Maschinenbau und Bauingenieurwesen in Verbindung mit einer Abwässer-Pumpanlage vorgeführt, wobei eine Pumpleistung von 227,15 l/min erreicht wurde. Die Anlage eignet sich besonders zur Beseitigung der Abwässer auf Schiffen. („The Engineer" 4. Dezember 1925 S. 603*.) [N 1219 c] Sd.

Ausrückbare Kupplung für Frequenzumformer.

Bei einer Frequenzumformeranlage der Appalachian Power Co. ist im April d. J. eine bewegliche Kupplung zwischen dem antreibenden Motor für 60 Per./s und der Dynamo für 25 Per./s eingebaut worden, die sich bisher im Betriebe gut bewährt hat. Die Kupplung besteht aus zwei zylindrischen Teilen, von denen der eine auf der Motorwelle und der andre auf der Dynamowelle fest aufsitzt und die je einen äußeren Zahnkranz tragen. Diese beiden Teile werden durch ein Gehäuse umschlossen, das bei gekuppeltem Zustande mit zwei inneren Zahnkränzen in die entsprechenden äußeren der beiden inneren Teile eingreift. Beim Auskuppeln wird das Gehäuse derart seitlich verschoben, daß die Zähne des auf der Motorwelle aufsitzenden Teiles freigegeben werden. Zum Verschieben des Gehäuses dient ein kleiner in Richtung der Achsen auf Schienen laufender Wagen. Die Kupplung wiegt 5000 kg bei 7000 kW Leistung des Stromerzeugers. Das Schmieröl kann während des Betriebes in Öffnungen zwischen dem Gehäuse und dem einen inneren Teil eingeführt werden, von wo aus es durch die Fliehkraft nach außen an die Zahnreihen gepreßt wird. („Electrical World" 21. November 1925 S. 1049*.) [N 1219 d] Sd.

Fahrbare Betonmischmaschine für den Grubenbetrieb.

Von der Firma Kesselschmiede Richterswil, Schweiz, ist eine fahrbare Betonmischmaschine für den Grubenbetrieb von großer Leistungsfähigkeit ausgebildet worden, die zwei Mann bedienen. In einem 250 l fassenden Kessel werden in 1 min durch ein von einem Druckluftmotor angetriebenes Rührwerk Zement, Sand und Wasser innig vermischt, wobei das Wasser einem auf der Maschine angeordneten Behälter entnommen wird. Durch in den Kessel eingeführte Druckluft wird das Gemisch in ein eingebautes Tauchrohr gedrückt und durch eine Schlauchleitung der Verwendungsstelle zugeführt. In 1 h können 2000 bis 2500 l Betonmischung verarbeitet werden. (Schweiz. Bauzeitung 5. Dezember 1925 S. 292*.) [N 1219 e] Gw.

Das Fahrgast-Motorschiff „Asturias".

Nach „Gripsholm" ist jetzt ein weiteres mit doppeltwirkenden Viertaktmotoren ausgerüstetes Schiff fertiggestellt worden, nämlich das von Harland & Wolff, Belfast, für die Royal Mail Steam Packet Co. gebaute Motorschiff „Asturias". Es soll dem Verkehr nach Südamerika dienen. Die Hauptdaten sind 200 m Länge, 23,8 m Breite, 13,8 m Raumtiefe und 22 500 B.-R.-T. Die Kopfzahl der Fahrgäste und Besatzung beträgt 1800. Die beiden Maschinen leisten zusammen 20 000 WPS bei 115 Uml./min. („Engineering" 4. Dezember 1925 S. 713*.) [N 1219 f] W. S.

Neues englisches Unterseeboot.

Das englische Unterseeboot L 27 hat in diesen Tagen mit den Probefahrten in Sheerness begonnen. Januar 1918 wurde es bei Vickers in Barrow auf Stapel gelegt, später zum Einbau der Maschinenanlage nach Sheerness geschleppt, aber nicht fertiggestellt. Das gleiche Schicksal trifft das zur selben Zeit auf Stapel gelegte Unterseeboot L 26, das erst im Oktober 1926 fertig werden soll. Der Grund für die Bauverzögerung ist in wirtschaftlichen Schwierigkeiten zu suchen[1]. Auf eine Anfrage im Unterhaus teilte die Admiralität neuerdings mit, daß die Kosten für Unterseebootbau von den Anfängen im Jahre 1902 bis zum März 1925 insgesamt 46 800 348 £ betragen hätten. Die Ausbesserungs- und Überholungskosten beliefen sich in dem gleichen Zeitraum auf rd. 5,7 Mill. £. Die jährlichen Unterhaltungskosten aller Boote einschließlich Besatzung werden z. Zt. mit 1 378 000 £ angegeben.

L 27 verdrängt an der Oberfläche 890 t und getaucht 1080 t. Seine Länge beträgt 71,5 m. Zum Antrieb für Überwasserfahrt dienen zwei 12 Zylinder-Vickersmotoren, die 2400 PS_e bei 17,5 Kn entwickeln. („The Engineer" 4. Dezember 1925 S. 597.) [N 1219 g] Kd. M.

Atmungskohlensäure als Ermüdungsmaßstab.

Walter N. Polakov, New York, hat festgestellt, daß, wie schon früher angenommen, die Menge des vom Arbeiter in der Zeiteinheit ausgeatmeten Kohlendioxyds ein gutes Kennzeichen für die Ermüdung ist. Er kommt zu folgenden Schlüssen:

Der Höchstgehalt von CO_2 bei der Ausatmung deutet auf volle Leistung der Muskel.

Abnahme des CO_2-Gehaltes trotz gleichbleibender oder noch wachsender Leistung deutet auf Überlastung und Ermüdung hin.

Alter und Körperbeschaffenheit des Arbeiters beeinflussen den CO_2-Gehalt. Jüngere und leichtere Arbeiter liefern mehr Arbeit mit demselben Betrag CO_2 als ältere und schwerere.

Auf Überlastung erfolgt sofort Erschöpfung.

Geübte Arbeiter geben bei derselben Arbeit beträchtlich weniger CO_2 ab als ungeübte.

Der (biologische) Wirkungsgrad der Arbeit fällt und der Energieaufwand für die Einheit der geleisteten Arbeit wächst bei länger andauernder Arbeitsleistung. („Mechanical Engineering" 15. November 1925 S. 1043*.) [N 1219 h] G.

[1] Z. Bd. 69 (1925) S. 1378.

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Feuerungstechnik. Von H. R. Trenkler †. Berlin 1925, VDI-Verlag, G. m. b. H. 312 S. m. 66 Abb. Preis 6 *M*.

Der Verfasser hat sich zur Aufgabe gemacht, innerhalb des ihm gesteckten Rahmens in handlicher Form einen Abriß über das Wesen der Feuerungstechnik zu bringen. Er bemeistert diese Aufgabe in 11 Abschnitten, deren erster die Brennstoffe und deren Bewertung handelt. In richtiger Folgerung schließt er den zweiten Abschnitt über die feuerfesten Baustoffe an, die für die Verbrennungsräume dienen. Er zeigt hier, für welchen bestimmten Verwendungszweck der eine oder andere Baustoff zu bevorzugen ist. Vielleicht hätte als nächster der Abschnitt V über den Verbrennungsgang und die Wärmeübertragung gleich angereiht werden können, um dann die Verkokung durch Destillation (III) und die Vergasung (IV) anzuschließen. Aber das sind ja nur äußerliche Formen. Der Verfasser beschreibt die chemischen und physikalischen Grundlagen, die Verlustquellen und die grundlegenden Gesichtspunkte für die Einrichtungen zur Nutzbarmachung der Brennstoffe. Wir lernen im Abschnitt III die Entwicklung der Öfen kennen, während im Abschnitt IV neben der Beschreibung der wesentlichsten Gaserzeuger auch die Nebenproduktengewinnung zu ihrem Rechte kommt. Die Abschnitte VI bis VIII betreffen Rostträger und Brenner für flüssige und gasförmige Brennstoffe, während er in Abschnitt IX die Kohlenstaubfeuerung dem Wesen nach, soweit es der Umfang des Werkes gestattet, kennzeichnet. Eine umfassendere Berücksichtigung finden die Öfen in Abschnitt X (Flammöfen, Wärmespeicheröfen, Gefäß-, Schacht-, Kanal-, Ringöfen, sowie die elektrischen Öfen), wobei er ihren Wärmewirkungsgrad und die Abhitzeverwertung klarlegt. Abschnitt XI behandelt endlich die Betriebüberwachung mit all den Einrichtungen für die Bestimmung des Heizwertes, der Temperaturmessungen usw.

Das ganze Werk stellt eine geschlossene Arbeit dar, die mit Rücksicht auf den von vornherein eng begrenzten Rahmen jedem Betriebsleiter sämtlicher Industriewerke eine willkommene Hilfe bietet. [E 1119] de Grahl.

Die Passung der Wälzlager. Von J. Kirner. Stuttgart 1925, Konrad Wittwer. 32 S. m. 23 Abb. Preis 1,80 *M*.

Wirkungsweise der Motorzähler und Meßwandler. Von J. A. Möllinger. 2. erw. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 238 S. m. 131 Abb. Preis 12 *M*.

Lehrbuch der Ballistik. Von C. Cranz. Bd. 1: Äußere Ballistik. Berlin 1925, Julius Springer. 711 S. m. 132 Abb. Preis 57 *M*.

Grundzüge der Chemie. Von Walther A. Roth. Braunschweig 1925, Friedrich Vieweg & Sohn 265 S. m. 43 Abb. Preis geh. 15 *M*, geb. 17,50 *M*.

Betriebswirtschaftliche Zeitfragen H. 8: **Industrielle Selbstkosten bei schwankendem Beschäftigungsgrad.** Von H. Müller-Bernhardt. Berlin 1925, Julius Springer. 32 S. m. 10 Abb. Preis 3 *M*.

Schriften des Vereines der Zellstoff- u. Papier-Chemiker u. -Ingenieure Nr. 16: **Die Verwertung der Zellstoff-Ablaugen.** Von A. Schrohe. Berlin 1925, Otto Elsner. 140 S. Preis 2 *M*.

Statik für den Eisen- und Maschinenbau. Von Georg Unold. Berlin 1925, Julius Springer. 342 S. m. 606 Abb. Preis 22,50 *M*.

Beiträge zur Kenntnis des Schleusenbetriebs. Von Georg Mahr. Berlin 1925, Julius Springer. 66 S. m. 9 Abb. Preis 3,60 *M*.

Staubexplosionen. Von Paul Beyersdorfer. Dresden und Leipzig 1925, Theodor Steinkopff. 125 S. m. 14 Abb. Preis geh. 5,50 *M*, geb. 7 *M*.

Elektrizität und Funkentelegraphie. Sonderabdruck aus: Physik für Seefahrer. Von Friedrich Bolte und Heinrich Meldau. Braunschweig 1925, Friedrich Vieweg & Sohn. S. 222 bis 352. Abb. 305 bis 463. Preis 6 *M*.

Illustriertes Automobil- u. Motoren-Lexikon. Von M. Preuß. Berlin 1925, Ernst Valentin. 321 S. m. 445 Abb. Preis 9,50 *M*.

Die Schiffahrt im Wandel der Zeiten. Von G. A. Mulach. 2. Aufl. Stuttgart 1925, Dieck & Co. 136 S. m. zahlr. Abb. Preis geh. 5,50 *M*, geb. 7,50 *M*.

Erstes Fachadreßbuch der gesamten wärme- und feuerungstechnischen Industrie. Ausg. 1925/26. Halle a. S. 1925, Carl Haenchen. 368 S. Preis 15 *M*.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Der Wärmeübergang von Rohrwänden an strömendes Wasser.

Zu meiner unter obigem Titel im Jahre 1910 von der Technischen Hochschule München genehmigten Doktordissertation, die mit einigen Kürzungen in dem vom Verein deutscher Ingenieure herausgegebenen Forschungsheft Nr. 108 und 109 abgedruckt ist, wurde in den letzten Jahren von zwei Seiten Stellung genommen:

1) von H. Latzko in seiner Arbeit „Der Wärmeübergang an einen turbulenten Flüssigkeits- oder Gasstrom“, abgedruckt in den Abhandlungen aus dem Aerodynamischen Institut an der Technischen Hochschule Aachen, 1921, 1. Lieferung;
2) von Dr.-Ing. Waldemar Stender in seiner Doktordissertation „Der Wärmeübergang an strömendes Wasser in vertikalen Rohren“, Berlin 1924, Julius Springer.

Beide Forscher kommen zu Folgerungen, die mit den meinigen nicht im Einklang stehen, und ich sehe mich daher zu einer Richtigstellung veranlaßt. Schon im voraus bemerke ich, daß ich nach Studium der Arbeiten meiner Kritiker die Richtigkeit meiner Beobachtungen in vollem Umfang aufrechterhalte.

Zu 1) Latzko greift meine Formeln für die Wärmeübergangzahl für glatte und rauhe Rohre auf Grund theoretischer Erwägungen an, indem er a. a. O. S. 57 sagt, daß meine „Formeln direkt unsern Grundanschauungen vom Wesen des Wärmeüberganges widersprechen“. Nach Latzko soll nämlich die Wärmeübergangzahl unter sonst gleichen Bedingungen für rauhe Rohre stets größer sein als für glatte. Meine Versuche zeigen dagegen bei höheren Geschwindigkeiten das Gegenteil. Für die Richtigkeit meiner Versuche spricht auch der Vergleich mit den Ergebnissen andrer Forscher (Stanton, Joule).

Latzkos Behauptung gegenüber möchte ich betonen, daß meine Formeln doch nur der mathematische Ausdruck meiner Versuchsergebnisse sind, daß also Latzkos Äußerung anders ausgedrückt besagt, daß meine Versuchsergebnisse seinen Grundanschauungen widersprechen. Da nun die Unterschiede der beobachteten Wärmeübergangzahl für glatte und rauhe Rohre die möglichen Versuchsfehler weit übersteigen, so gibt es meiner Meinung nach für die Lösung des Widerspruches zwischen meinen Beobachtungen und den Grundanschauungen Latzkos keinen andern Ausweg, als daß dieser seine theoretischen Anschauungen so ergänzt, daß ihre Folgerungen mit der Erfahrung übereinstimmen. Denn eine Theorie kann nur dann als brauchbar angesehen werden, wenn sie die Tatsachen richtig wiedergibt.

Zu 2) Stender erwähnt, daß ihm wesentliche Teile meiner Versuchsanordnung vom Laboratorium für technische Physik in München, wo meine Versuche seinerzeit angestellt wurden, zur Verfügung gestellt worden seien. Vor dem Eingehen auf seine mit dieser Anordnung gemachten Beobachtungen sei mir die Bemerkung gestattet, daß alle wesentlichen, von ihm ausführlich beschriebenen Maßnahmen, die zur Erzielung einwandfreier Ergebnisse getroffen werden müssen, bereits von mir in meiner Dissertation eingehend besprochen worden sind. Aus der Tatsache, daß Stender meine Versuchsanordnung unverändert übernommen hat, darf ich wohl schließen, daß er sie für gut befunden hat.

Meine Untersuchung bezweckte die experimentelle Bestimmung der Abhängigkeit der Wärmeübergangzahl strömenden Wassers in Rohrleitungen von der Temperatur und der Geschwindigkeit. Stender behandelt die gleiche Aufgabe.

Bei meinen Beobachtungen habe ich stets nur mit kleinen Temperaturunterschieden gearbeitet, um längs des ganzen Rohres ungefähr gleiche Bedingungen zu haben; denn die Versuche ergeben ja die Wärmeübergangzahl nur als Mittelwert über die ganze Rohrlänge. Stender hat wesentlich größere Temperaturunterschiede zugelassen. Dadurch ist es ihm zwar möglich, die Trennung der Abhängigkeit der Wärmeübergangzahl von Rohr- und von mittlerer Flüssigkeitstemperatur genauer durchzuführen, aber es kommen dafür Unsicherheiten in die Auswertung der Versuche hinein, da die für die Wärmeübergangzahl wesentlichen Festwerte der Flüssigkeit (Zähigkeit, Wärmeleitvermögen) nicht mehr über die ganze Rohrlänge als konstant angesehen werden können. Wenn also die Versuchsergebnisse Stenders nicht völlig mit den meinigen übereinstimmen, so darf daraus nicht auf Versuchsfehler meiner Arbeit geschlossen werden. Die Größe der Abweichungen im einzelnen festzustellen, fehlt mir infolge anderweitiger Inanspruchnahme leider die Zeit.

Stenders Formel stellt also ebenso wie die meinige eine Zusammenfassung einer Anzahl von Versuchsergebnissen dar; beide

Formeln haben Berechtigung jeweils für die entsprechenden Versuchsbedingungen. Stender wirft mir Fehler bei der Temperaturmessung vor, die durch ungenügende Durchmischung des Wassers an der Meßstelle hervorgerufen sein sollen. Demgegenüber betone ich, daß ich den Einfluß von Mischvorrichtungen genau untersucht und sie nur dort fortgelassen habe, wo die Versuche keinen Unterschied mit oder ohne Mischer erkennen ließen, wo also die Krümmung der Rohrleitungen selbst eine ausreichende Durchmischung bewirkte.

Stender glaubt auch den von mir beobachteten Unterschied der Wärmeübergangzahl beim Aufwärts- und Abwärtsströmen auf Versuchsfehler meinerseits zurückführen zu müssen, weil er diesen Unterschied beim Rohr von 17 mm Dmr. nicht gefunden hat. Demgegenüber möchte ich feststellen, daß Stenders Versuche am Rohr von 28 mm Dmr., wie er selbst zugibt, bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten, die übrigens eine erhebliche „Streuung" der Beobachtungspunkte aufweisen, auch diesen Unterschied zeigen

Zu einer genaueren Untersuchung hatte Stender nicht die Zeit. Man darf es daher als voreilig bezeichnen, wenn er alle Abweichungen meiner Arbeit gegenüber der seinigen ohne weiteres auf Versuchsfehler meinerseits zurückführt.

Bonn. Dr.-Ing. Alfred Soennecken.

Erwiderung.

Ich bestätige zunächst gern auch hier, daß ich Soenneckens Versuchsanordnung in allen Teilen für gut befunden habe. Wenn ich in meiner Schrift eine kurze Beschreibung der einzelnen Apparate gebracht habe, statt mich einfach auf die Veröffentlichung von Soennecken zu berufen, so geschah das nicht, um den Anschein zu erwecken, als ob ich das geistige Eigentum daran für mich in Anspruch nehmen wollte, sondern einerseits, um auf Verlangen des Herrn Referenten den Vorschriften über die Form der Dissertation zu genügen und anderseits auch, um auch geringe Änderungen der ursprünglichen Versuchsanlage, die infolge veränderter äußerer Bedingungen nötig wurden, zu vermerken.

Der Unterschied in dem Endergebnis von Soenneckens und meiner Arbeit, der sich beinahe als Umkehrung aller Verhältnisse darstellt, beruht aber keineswegs auf Versuchsfehlern in der Arbeit von Soennecken (die wenigen Punkte, die ich beanstanden zu müssen glaubte, habe ich besonders hervorgehoben) auch nicht darauf, daß die Temperaturunterschiede in dem einen Fall größer waren als in dem andern, sondern nur auf dem Auswertungsverfahren. Ich habe diesen Umstand bis jetzt verschwiegen. Da jedoch von Soennecken der Versuch gemacht wird, seine Gleichung für den Wärmeübergang als für kleine Temperaturunterschiede gültig und richtig hinzustellen, bin ich genötigt, dieses auszusprechen, damit nicht etwa andre Forscher sich veranlaßt fühlen, die Grenzen der Gültigkeit der Formeln Soennecken und Stender durch besondere Versuche zu ermitteln. Durch die Bemerkung auf S. 36 meiner Schrift „es ist augenscheinlich möglich, auch Soenneckens Versuche auf meine Gleichung zurückzuführen", glaubte ich s. Z. dem bereits genügend vorgebeugt zu haben.

Ich habe meine Versuche nicht freiwillig, sondern durch besondere Umstände gezwungen, ausgeführt. Im Jahre 1912 reichte ich der Technischen Hochschule Berlin eine Dissertation ein, in der ich nachwies, daß Soenneckens vier Gleichungen seine Versuchszahlen nicht genügend wiedergäben und zeigte, daß durch die eine Formel, $\alpha = (c_v{}^n \pm 0{,}00075\, Q)\,(23 + t_m)^{0,5}$, die für alle Versuche mit beiden Messingrohren, das heißt sowohl bei Abkühlung und Aufwärtsströmung (mit + -Zeichen) wie bei Erwärmung und Abwärtsströmung (mit — -Zeichen) gilt, eine bessere Wiedergabe der Versuchzahlen möglich sei. Es muß hier hervorgehoben werden, daß die Temperaturfunktion für alle Fälle gleich ist und die Abhängige t_m enthält und die Parameter n und C nur vom Rohrdurchmesser abhängig sind. Mit den gleichen Festwerten ließen sich auch die Versuchswerte mit den Eisenrohren darstellen, wenn man $\frac{1}{\alpha_{Eisen}} = \frac{1}{\alpha_{Messing}} + R$ setzt. Dabei war R von gleicher Größe für beide Rohre, von 17 und 28 mm l. W.

Der Sinn des Korrekturgliedes $\pm 0{,}00075\, Q$ konnte damals, wie es sich auf Grund meiner später ausgeführten Versuche herausgestellt hat, nicht richtig gedeutet werden. Aus der Umkehrung des Vorzeichens bei Umkehrung der Stromrichtung oder der Wärmeflußrichtung mußte auf die Wirkung eines Konvektionstromes (wie auch Soennecken annahm) geschlossen werden. Eine Bestätigung hierfür war nur durch einen Versuch zu erwarten, dessen Ausführung ich anregte, bei dem Stromrichtung und Wärmeflußrichtung gleichzeitig umgekehrt werden sollen, d. h. durch einen Versuch bei Abkühlung des Wassers im Aufwärtsfließen. Ich wies schon damals darauf hin, daß die Wärmeübergangzahl von Wasser an Wand nur aus einer Gleichung, die die Zähigkeit des Wassers enthält, berechnet werden könnte, und daß hier ein unlösbarer Widerspruch mit Nußelts Gleichung vorläge

Die Arbeit wurde mir mit folgendem Schreiben der Abteilung für Maschineningenieurwesen von der Technischen Hochschule Berlin zurückgegeben.

Charlottenburg, den 2. Juli 1912.

„Auf Abteilungsbeschluß vom 20. Juni ds. Js. sende ich Ihnen Ihre Doktorarbeit zurück. Da das vorliegende Versuchsmaterial zur Beurteilung der Zulässigkeit Ihrer Schlußfolgerungen nicht ausreicht, wird Ihnen aufgegeben, die Richtigkeit Ihrer den bisher bekannten Theorien widersprechenden, sehr weittragenden Behauptungen durch die von Ihnen vorgeschlagenen Versuche zu beweisen, wozu Ihnen eine Frist von zwei Jahren gestellt wird. Bei Nichteinhaltung dieses Zeitpunktes ist die Arbeit als abgelehnt zu betrachten. Der Abteilungsvorsteher."

So mußte ich mich zur Ausführung eigener Versuche entschließen. Leider konnte mir zu diesem Zweck weder in Charlottenburg noch in München ein Platz in den Wärmelaboratorien zur Verfügung gestellt werden und ich verdanke es nur dem übergroßen Entgegenkommen des Herrn Geheimrat Eugen Meyer, der mir die Benutzung des Wasser- und Dampfanschlusses in seinem Festigkeitslaboratorium gestattete, daß ich überhaupt in der Lage war, die mir gestellte Aufgabe, wenn auch unter wenig günstigen Verhältnissen, zu lösen. Meine Versuche zeigten, daß nur die Umkehrung der Wärmerichtung eine Umkehrung des Vorzeichens von Q herbeiführt, womit die Konvektionsstromhypothese fallen mußte. Damit kommen wir aber zur richtigen Deutung für das strittige mit Q behaftete Glied, als einer Korrektur der bei Erwärmung zu tief, bei Abkühlung zu hoch angesetzten Temperaturveränderlichen t_m. Da $\pm\, Q = f\,(T_i - t_m)$ ist, kann in meiner Gleichung für die Versuche von Soennecken auch $T_i - t_m$ für $\pm\, Q$ geschrieben werden — in Übereinstimmung mit dem Ergebnis meiner eigenen Arbeit, wo sich ergab,

$$\alpha = f\,(\tau) \text{ mit } \tau = t_m + 0{,}1\,(T_i - t_m).$$

Diese Übereinstimmung zwischen der von mir auf Grund der Versuche von Soennecken allein entwickelten und der auf Grund meiner eigenen Versuche aufgestellten Formel, deren Richtigkeit bis jetzt von keiner Seite bestritten worden ist, beweist wohl ohne Zweifel, daß der Unterschied im Ergebnis der Versuche von Soennecken und von mir nur in Soenneckens Auswertung seiner Versuche begründet ist. Ich will damit durchaus nicht bestreiten, daß Soenneckens Formeln die Versuchswerte seines Programmes mit im Mittel verhältnismäßig genügender Genauigkeit wiedergeben, aber sie stellen den Einfluß der Temperaturen nicht richtig dar, dessen Feststellung der Zweck des ganzen Versuches war. Auch eine Formel kann nur dann als brauchbar angesehen werden, wenn sie die Tatsachen richtig wiedergibt.

Meine Dissertation von 1912 ist noch erhalten und steht Interessenten gern zur Verfügung. Ihre ausführliche Veröffentlichung dürfte, da die Arbeit nur noch geschichtlichen Wert hat, nicht in Betracht kommen. [D 700] Dr. Stender.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag. G. m. b. H., Berlin SW 19.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 69 SONNABEND, 26. DEZEMBER 1925 NR. 52

Phot. R. Dührkoop, Berlin

GEORG KLINGENBERG

GEBOREN 18. NOVEMBER 1870 IN HAMBURG
GESTORBEN 7. DEZEMBER 1925 IN BERLIN

Mitten aus rastlosem Schaffen, aus großen Entwürfen und großen Erwartungen hat der Tod Georg Klingenberg seiner Familie, seinen Freunden, seinen Mitarbeitern entrissen. Gerade dieser Tod hält uns allen, die wir etwas von seinem Leben und seiner Arbeit wissen, eine erschütternde Predigt zu dem Dichterwort:

„Was sind Hoffnungen, was sind Entwürfe,
die der Mensch, der flüchtige Sohn der Stunde,
aufbaut auf dem betrüglichen Grunde."

Versuchen wir es, noch ergriffen von der Stunde des Abschieds, in großer Zusammenfassung über die Entwicklung dieses nun vollendeten Lebens uns Rechenschaft zu geben.

Georg Klingenberg stammt aus altem, niederdeutschen Geschlecht. Die Klingenbergs saßen seit Jahrhunderten im Oldenburgischen. Sein Vater, ein hochangesehener Architekt, der den Werdegang seines Sohnes noch bis vor kurzem miterleben durfte, lebte in Hamburg, als ihm Georg als ältester Sohn von sieben Geschwistern am 28. November 1870 geboren wurde. Fröhliche, übermütige Jugendjahre, in denen das starke Draufgängertum des Sohnes den Eltern wohl auch manche Sorge machte, gingen schnell vorüber, und die Entscheidung über den Beruf war zu treffen. Das Gestalten lag ihm vom Vater her im Blut, und zeitweise erschien es ihm selbstverständlich, ein großer Bauherr zu werden. Als aber die Hochschulzeit heranrückte, da entschied er sich doch für den Maschinenbau und überließ die Architektur dem Vater und den Brüdern. Zeitlebens aber blieb ihm die Freude auch am Bauen des Architekten. In den letzten Jahren baute er sich sein eigenes Haus in Charlottenburg, mit liebevoller Vertiefung in alle Einzelheiten, und bei den von ihm geschaffenen Elektrizitätswerken interessierte ihn das Haus nicht minder als sein maschineller Inhalt.

Die ersten Semester verflossen auf der Hochschule in Charlottenburg mit dem Studium des Maschinenbaues, wobei er besonderen Wert darauf legte, sich ausreichende Kenntnisse in der Physik und Mathematik zu erwerben. Dann kam 1891 die große elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt a. M. mit ihrem die ganze Welt begeisternden Erfolg der Kraftübertragung von Lauffen nach Frankfurt, und die elektrotechnischen Hörsäle, die gerade angefangen hatten, ihre Tore zu öffnen, begannen, sich mit jungen Menschen zu füllen, die an die ungeheure Zukunft dieses neuen Zweiges am Baume der Technik glaubten. Klingenberg fand in Slaby einen ihn begeisternden Lehrer, in dessen Laboratorium er nunmehr fleißig arbeitete. Hier hat er auch bald an der Vorbereitung jener berühmt gewordenen Vorträge Slabys vor dem Kaiser mitgearbeitet, die in so weitem Umfange die große Öffentlichkeit auf die Zukunftsmöglichkeiten der Elektrotechnik gelenkt haben.

So stark auch Klingenbergs Phantasie in technischer Richtung arbeitete, das bloße phantastische Träumen von Zukunftsmöglichkeiten hat ihn nie befriedigt; stets suchte er nach dem praktischen Ergebnis, und da, wo es sich in diesen Jugendjahren darum handelte, selbst Hand anzulegen und in der Werkstatt, sowie an der Drehbank mitzuarbeiten, war ihm das eine besondere persönliche Freude. Bezeichnend für diese Auffassung ist die Tatsache, daß er damals, als das elektrische Licht nur ganz Bevorzugten zugänglich war, seine Wohnung in einem Mietshaus aus einer kleinen eigenen Stromerzeugeranlage beleuchtete, die aus einem Deutzer Gasmotor mit einer kleinen Dynamomaschine bestand und die er im Kohlenkeller des Hauses untergebracht hatte. Sein hervorragender Lehrer, der auch sein Freund geworden war, sah in diesem Drängen nach praktischer Verwirklichung des Erforschten zugleich auch die große Zukunft Klingenbergs und überließ ihm sehr frühzeitig — schon im achten Semester war Klingenberg Assistent Slabys — die Ausarbeitung und Begutachtung von Entwürfen, so daß der junge Assistent, der sich bald darauf als Privatdozent habilitierte, schon mit 23 Jahren anfangen konnte, Elektrizitätswerke nicht nur zu entwerfen, sondern auch unter eigener Verantwortung auszuführen. In Holstein erbaute er sein erstes städtisches Elektrizitätswerk, und die städtischen Verwaltungen brachten dem jungen Ingenieur bald so großes Vertrauen entgegen, daß zahlreiche weitere Ausführungen und Entwürfe folgen konnten. Es entstanden Elektrizitätswerke seines Entwurfes in Rostock, Schwerin, für den „Vulcan" bei Stettin, in Charlottenburg, Halle und Potsdam.

Klingenberg lehrte und lernte in innigstem Zusammenhang; ein Vorteil für ihn, aber auch ein großer Vorzug für die Vielen, die seine Vorträge hören konnten, und mancher ergraute

Ingenieur, der sich der neuen Technik widmete, scheute sich nicht, der Schüler des jungen Privatdozenten zu sein. Eine seiner Hauptvorlesungen hieß: „Projektierung elektrischer Anlagen". Hier legte Klingenberg den größten Wert darauf, nicht nur, wie es bis dahin üblich war, die rein technischen Probleme zu behandeln, sondern im weitesten Zusammenhang damit sprach er hier über die wirtschaftlichen Grundlagen, die ihm von seiner praktischen Arbeit her unzertrennlich verbunden waren mit der technisch-wissenschaftlichen Aufgabenstellung. Er konnte diese Auffassung, die er schon 1896 vertrat, damals nicht ohne Widerstände durchführen, wie er oft gern als Beispiel für die wandelnde Auffassung erzählte, da man glaubte, in der Hochschule wohl von Volt und Ampère, von Meter und Kilogramm sprechen zu dürfen, aber nicht von Mark und Pfennigen; Geld und sein wirtschaftlicher Wert erschienen oft allzu materiell, um an der Stätte hoher Wissenschaft behandelt werden zu können, während Klingenberg die Begriffe „Technik und Wirtschaft" schon frühzeitig zu einer Einheit zusammenflossen.

Wie bei seinem Lehrer Slaby finden wir auch in Klingenberg zwei technische Hauptrichtungen vertreten. Er arbeitete auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen; insbesondere interessierte ihn hier die Ausgestaltung der Verbrennungskraftmaschine für den Verkehr und die Elektrotechnik. Das erste große Gebiet führte ihn zum Automobil. Ein brauchbarer Motor war natürlich die Voraussetzung jedes Erfolges, das letzte Ziel war aber das billige und gute Volksauto. Es sei hier vorweg genommen, daß er diesen Gedanken bis in seine letzten Lebenstage immer wieder von neuem konstruktiv angepackt und auch fabrikatorisch planmäßig weiter verfolgt hat. Damals, in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts, hatte er es bis zum fertigen Kraftwagen gebracht, der gute Entwicklungsmöglichkeiten in sich schloß. Der Plan, dieses Auto weiter zu entwickeln und zu fabrizieren, brachte ihn mit der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft 1902 in Verbindung, deren Leiter und Begründer, Emil Rathenau, ihn natürlich bereits durch Professor Slaby und durch die Arbeiten auf elektrotechnischem Gebiet kannte. Das Klingenbergsche Auto wurde von der AEG übernommen und führte zur Begründung der Neuen Automobil-Gesellschaft (NAG). Ihn selbst aber führte nunmehr das Lebensschicksal durch Emil Rathenau in den Vorstand der AEG, wo er mit 32 Jahren ein ungemein großes Arbeitsfeld innerhalb des industriellen Vorwärtsdrängens dieser Jahre vor sich hatte. Sein Lehramt behielt er auf Anregung vieler seiner Hörer noch bis 1909 bei, bis ihn dann seine steigende hauptberufliche Belastung zwang, von der ihm lieb gewordenen akademischen Tätigkeit Abschied zu nehmen. Stets hat er sich dieser Zeit, wo er aus dem Schatz seines Wissens und seiner praktischen Erfahrung an große Zuhörerscharen abgeben konnte, gern erinnert.

In seinem neuen Wirkungskreis bearbeitete er den Kraftwerkbau. Es würde heißen, einen beträchtlichen Teil der Geschichte der Elektrizitätswerke zu schreiben, wenn wir hier im einzelnen auf die Baugeschichte der großen Werke eingehen wollten, die er im Laufe von 23 Jahren geschaffen hat; nur an einige wenige, besonders wichtige Anlagen sei hier erinnert. Den Kraftwerken des Märkischen Elektrizitätswerkes bei Eberswalde[1]) folgen die großen Anlagen[2]) der Victoria Falls and Transvaal Power Company in Südafrika: vier Dampfkraftwerke und Netzanlagen, die den ganzen Witwatersrand überspannen; zwei Druckluftanlagen von 80000 PS, die die Randgruben durch ein Rohrnetz von etwa 60 km Länge mit Druckluft versorgen und denen dort auch heute noch nichts Ähnliches zur Seite steht. Klingenberg war von den Engländern zum beratenden Ingenieur für den Bau dieser Anlagen erwählt worden. Gleichzeitig Direktor der AEG, kam er hierbei in die gewiß merkwürdige Lage, alle von ihm vorgesehenen Einrichtungen auch bei sich selber zu bestellen. Er hat dies mit Recht als ein ganz besonderes Zeichen des Vertrauens, das die englischen Auftraggeber ihm entgegenbrachten, hoch eingeschätzt. Während des Krieges hat dann Klingenberg das Riesenkraftwerk Golpa-Zschornewitz[3]), das seinerzeit eines der größten Dampfkraftwerke der Welt war, in denkbar kurzer Zeit errichten können, und in seinem letzten Lebensjahr wurde ihm die große Freude und Genugtuung beschieden, daß die Stadt Berlin ihm und seiner Firma den Bau des Riesenkraftwerkes Rummelsburg[4]) übertrug. Seine letzte Tätigkeit im Verwaltungsgebäude der AEG war eine wichtige Fachberatung über die bauliche Ausgestaltung von Rummelsburg.

Klingenberg sah im Kraftwerk eine in sich geschlossene Maschine, bei der alles wichtig und nichts unwichtig ist. Diese einheitliche Betrachtung aller Zusammenhänge von der

[1]) Z. Bd. 55 (1911) S. 2121 u. f.
[2]) Z. Bd. 57 (1913) S. 4 u. f.
[3]) Z. Bd. 63 (1919) S. 1081 u. f.
[4]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1285.

Kohle bis zum Abnehmer des elektrischen Stromes hat ihn vor allem befähigt, seinem großen Ziele, größtmögliche Wirtschaftlichkeit in jedem seiner Werke zu erreichen, immer näher zu kommen. Nach diesen Leitgedanken hat er auch seine Organisation innerhalb der AEG aufgebaut, die alle Fachgruppen des Kraftwerkbaues und der Energieübertragung umfaßt. Die Anlagekosten wurden auf einen Bruchteil vermindert, ein System für eine zuverlässige Verlust- und Kostenberechnung wurde ausgearbeitet und damit die wissenschaftliche Grundlage für eine sichere Tarifpolitik geschaffen. Der Handarbeit folgte weitgehende Mechanisierung und damit der Rückgang der Personalkosten. Die von ihm insonderheit erzielten Verbesserungen kamen in der Umgestaltung des Kesselhausbaues durch Zusammenfassung von Kessel, Vorwärmer und Kamin zu einer Einheit sowie in der auf das Mehrfache gesteigerten Ausnutzung des umbauten Raumes und in der von ihm zuerst gewagten hohen Dampfgeschwindigkeit zu besonders sichtbarem Ausdruck. Die zwei- bis dreifach höhere Dampfgeschwindigkeit, als man sie damals sonst anwandte, brachte wärmetechnische Vorteile und Ersparnisse in den Anlagekosten.

Wie er das einzelne Werk als geschlossene Einheit ansah, so lernte er auch, die Frage der gesamten Kraftverteilung als eine Einheit anzusehen. Er kam folgerichtig zu der Überlandzentrale; ebenso wie im Anfang elektrischer Versorgung die Blockanlage stand und man es als großen Fortschritt ansah, diese mehr oder weniger kleinen Werke durch die großen städtischen Werke zu verdrängen, erkannte er frühzeitig als nächste Entwicklungsstufe die Versorgung ganzer Kreise und ganzer Provinzen mit der gesamten in ihr lebenden Industrie, den elektrischen Bahnen und der Landwirtschaft durch Überlandkraftwerke. Diese Erweiterung des Zentral-Versorgungsgedankens führte zu den Groß-Kraftwerken mit ausgedehntem Einflußbereich. Hierin fand er seine eigentliche große Lebensaufgabe. Hierfür hat er auch in der großen Öffentlichkeit durch Wort und Schrift gewirkt. Er sah die große einheitliche Zusammenfassung der ganzen Stromversorgung für ganze Länder kommen. Hinter seinem Schreibtischplatz in der AEG hing die Karte Deutschlands, nicht aufgeteilt in Hoheitsgebiete von Kreisen und Provinzen, sondern in Einflußbezirke der Groß-Kraftwerke.

Naturgemäß führte seine leitende Stellung in einer der größten Industrieunternehmungen der Welt ihn zu wichtigen Aufgaben verwaltungstechnischer und organisatorischer Art, aber seine leidenschaftliche Liebe blieb der reinen Ingenieurtätigkeit — Konstruieren und Projektieren war nun einmal sein Steckenpferd, seine Erholung, wie er oft als Erklärung sagte, wenn man ihn erstaunt fragte, wie er in seiner Stellung noch dazu käme, mit eigener Hand auf dem Reißbrett Einzelheiten von Verbrennungskraftmaschinen zu entwerfen oder in meisterhafter Skizze Dampfkessel, Krane, Turbinen und Bauteile eines Elektrizitätswerkes festzulegen. Hinzu kam ein gründliches Studium der technischen Fachliteratur, besonders auch des Auslandes. Allerdings blieben für diese „Erholung" oft nur noch die Sonntage oder Urlaubstage übrig; alle Mahnungen der ihm Nahestehenden, doch auch an wirkliches Ausspannen zu denken, lehnte er mit dem Hinweis ab, daß dies, sein größtes Vergnügen, nicht mit Arbeit verwechselt werden dürfe.

Seine durch diese persönliche Auffassung gekennzeichnete Arbeitskraft stellte er von früh an in großem Umfange seinen technischen Fachgenossen in ihren Organisationen zur Verfügung. Er hat ständig, zuletzt noch in den schweren Kriegs- und Revolutionsjahren als Vorsitzender im Verband Deutscher Elektrotechniker, mitgearbeitet, und kaum hier frei geworden, stellte er sich dem Verein deutscher Ingenieure auf dessen dringenden Wunsch als Vorsitzender zur Verfügung. Vom 1. Januar 1922 bis zu seinem Hinscheiden — vier unserer wirtschaftlich schwersten und auch wissenschaftlich entscheidendsten Jahre — hat er unsern Verein als Vorsitzender geleitet. Nur wenige der Mitglieder können wissen, wie weitgehend und stets bereit die Fürsorge Georg Klingenbergs für den Verein deutscher Ingenieure gewesen ist. Trotz seiner großen Arbeitslast hatte er für uns stets Zeit, und es gefiel ihm, diesen aus eigener Initiative seiner Fachgenossen entstandenen großen Selbstverwaltungskörper, der in 70 Lebensjahren aus eigenen Mitteln ohne Staatshilfe sich erhalten hat, auch hier vorwärtsschauend und vorwärtsdrängend zu immer stärkerer Bedeutung in der technischen Fachwelt zu verhelfen.

Gleichzeitig verfolgte er als Vorsitzender des Deutschen Verbandes technisch-wissenschaftlicher Vereine ganz parallel zu seiner Berufsentwicklung auch hier die Zusammenfassung technisch-wissenschaftlicher Arbeitskräfte zu einem großen Ganzen. Wie der Reichsverband der deutschen Industrie die großen wirtschaftlichen und industriellen Vereine zusammenschloß, so wollte er, ohne jede Beeinträchtigung der Arbeitsgebiete

und der Selbständigkeit der einzelnen Vereine die Fragen, die allen gemeinsam waren, auch gemeinsam von diesem deutschen Verbande aus bearbeiten.

So wurde er auch nach dem Kriege der Führer in der ersten großen internationalen Gemeinschaftsarbeit: in der von England aus organisierten Weltkraftkonferenz. Er war der Führer der deutschen Delegation in London im Sommer 1924, und die internationale Fachwelt, die ihn kannte, war offensichtlich erfreut, mit ihm auch wieder in persönliche Berührung zu kommen. Schon vorher, im Mai 1924, hatte er Gelegenheit, die Vereinigten Staaten zu besuchen, wo er von seinen Fachgenossen, wie er dankbar erzählte, ungemein freundlich aufgenommen worden ist. Im Arbeitsbereich der technisch-wissenschaftlichen Vereine hat er verschiedene Fragen mit besonderer Tatkraft aufgegriffen und sich an deren Weiterführung beteiligt. Es seien hier nur erwähnt: der Normengedanke, der ihn zur tatkräftigen Mitarbeit im Normenausschuß der deutschen Industrie führte, die Beschaffung von brauchbaren technischen Lehrmitteln, die Veranstaltung großer wissenschaftlicher Tagungen im Verein deutscher Ingenieure, verbunden mit Ausstellungen; der Erfolg der Eisenbahntechnischen Tagung und der Ausstellung in Seddin hat ihm eine besondere Freude bereitet.

Die Sorge um die Zukunft des Ingenieurfaches, das ihm so sehr am Herzen lag, hat ihn auch oft veranlaßt, sich mit Fragen der Ausbildung der jungen, werdenden Fachgenossen an unsern Hochschulen zu beschäftigen; hier fürchtete er stets, daß der Wunsch nach einer möglichst vielseitigen Ausbildung zu einer zu starken Zersplitterung und damit zur Schädigung der reinen Ingenieurausbildung führen könne. Immer wieder mahnte er, über alle weitergehenden Ziele nicht zu vergessen, daß wir in erster Linie für die weitere Entwicklung der Technik vorzügliche Fachingenieure brauchen. Sie müßten in erster Linie die Grundlagen aller technischen Wissenschaften beherrschen, und sie müßten gestalten können, dies jedoch immer mit dem Blick auf die wirtschaftlichen Zusammenhänge. Er fand, daß die großen Ingenieure recht dünn gesät seien, und daß es eine wunderbare Aufgabe der Technischen Hochschulen sei, durch strenge Anforderungen mit dazu beizutragen, der Industrie gut vorgebildete Fachingenieure zu verschaffen. Viele der Gedanken Klingenbergs, mit starkem Temperament vorgetragen und vorwärts getrieben, werden noch lange nachwirken und maßgebend wichtige Tätigkeitsgebiete der großen Vereine beeinflussen.

Die Anerkennung der Fachwelt durch die Ernennung zum Ehrendoktor in Charlottenburg, die Ernennung zum Mitglied der Bauakademie usw. und die staatlichen Ehrungen, die ihm zuteil wurden, haben ihn erfreut. Klingenberg gehörte zu den Menschen absoluter Lebensbejahung. Er konnte die negativen Menschen, wie er sie wohl nannte, nicht vertragen, die bei jedem neuen Gedanken nur das „Aber" im Auge und nur von Bedenken zu berichten haben. Er wollte und wünschte die Kritik, aber nicht eine, die von vornherein erklärte, daß dies oder jenes unmöglich sei. Ihm war ein positives, Werte schaffendes Draufgängertum, das auch seine Freude an der Verantwortung in sich schloß, eigen. Gewiß gehört auch hier, wie bei jedem großen Erfolg, ein beträchtlicher Teil Glück dazu, aber gerade dieses rücksichtslose Drauflosstürmen hat immer wieder allein die Technik vorwärts gebracht, die sonst bei den ewigen Bedenken junger und alter Geheimräte sich nie so schnell entwickelt hätte, wenn wir diese auch am Abenteuer Freude empfindenden Menschen in der Technik nicht gehabt hätten. Ein Beispiel von vielen: Es war im Jahre 1905 — Klingenberg fuhr nach England, um mit einer einflußreichen Gesellschaft über ein großes Kabelnetz zu verhandeln. Er sah, daß er mit den für solche Fälle üblichen Vorschlägen in der internationalen Konkurrenz nicht siegen würde. Er erinnerte sich an Unterhaltungen mit seiner Kabelfabrik, deren leitende Herren ihm 20000voltige Kabel als nicht unmöglich bezeichnet hatten. Kurz entschlossen nahm er diese Möglichkeit als gewiß an, baute ein neues Angebot auf dieser Annahme auf, errang den Sieg, der zu weiteren großen Erfolgen führte, und bereitete zunächst den maßgebenden Herren der Kabelfabrik keine geringe Sorge. Aber die Not zwang zur Lösung der damals so groß erscheinenden Aufgabe, und Georg Klingenberg hatte recht behalten und mit seinem Mut die Kabeltechnik einen großen Schritt vorwärts gebracht.

Daß er auch Mißerfolge zu verzeichnen hatte, ist selbstverständlich. Nur der, der nicht selbst schafft und lediglich das kritisiert, was andere tun, kann sich vor Fehlschlägen dauernd bewahren. Klingenberg hielt nicht viel von der Autorität in technischen Fragen; weniger glauben, besser selbst sehen und urteilen, hielt er für richtig, und so suchte er, oft auch in ihm ferner liegende Zweige der Technik mit eigenen Gedanken einzudringen. Wenn

diese von der engeren Fachwelt zuweilen abgelehnt wurden, so wird doch jeder Achtung davor haben, wie hier ein führender Geist immer wieder versucht hat, durch eigenes Nachdenken und nicht durch bequemes Übernehmen überlieferter Ansichten seinen Weg zu finden. Die in ihm verkörperte Energie drängte ihn überall zu starker Initiative, und so wurde er zwar alles andere eher, als ein bequemer Vorgesetzter, sondern was mehr ist, ein Mann, der alle, die mit ihm und unter ihm arbeiteten, für seine Ideen begeistern und mit fortreißen konnte, und manchmal beneidete er diese andern, die unter ihm so viel mehr technisch arbeiten konnten, während er so viel seiner Zeit für nicht rein technische Aufgaben hergeben mußte.

Georg Klingenberg hatte das Glück, im Jahre 1912 in der Tochter des hoch angesehenen Berliner Architekten Kayser eine Lebensgefährtin zu finden, die ihm in seinem Haus ein Heim schuf, und die für seinen Berufsenthusiasmus volles Verständnis aufbrachte. Aber auch ihr, ebensowenig wie seinen besten Freunden, gelang es nicht, ihn von der Rücksichtslosigkeit gegen seinen eigenen Körper zurückzuhalten. Als ihn auf seinem geliebten Landsitz in Oldenburg in Zwischenahn am Meer vor vier Jahren zur Weihnachtszeit eine schwere, doppelseitige Lungenentzündung auf das Krankenlager warf, die schließlich sein starker Körper und sein Wille zum Leben noch einmal überwand, hat selbst diese Erfahrung ihn nicht belehren können, daß der körperlichen Leistungsfähigkeit auch des stärksten Mannes Grenzen gezogen sind. Er hielt jedes Kranksein für halbe Einbildung; so ist er dieses Mal der zweiten schweren Lungenentzündung erlegen, ohne von sich aus das volle Bewußtsein gehabt zu haben, daß es sich hier um das große Abschiednehmen handeln könne. In den letzten Stunden haben die Fieberträume den Todkranken nochmals zurückgeführt mitten in die großen Pläne seiner Lebensarbeit; er sprach von Rummelsburg und dem Elektrizitätswerk, er sprach von wichtigen Sitzungen in unsern Vereinen. Wie er gelebt hat als ganzer Mann, eintretend für das, was ihm wichtig und erstrebenswert war, ist er von uns gegangen. Wer ihn kannte, konnte sich ihn nicht denken als müde und alt, und so hat ein für ihn vielleicht gütiges Geschick ihn vor dem bewahrt, was hohes Alter für Männer seiner Art fast immer mit sich bringt.

Wir andern aber empfinden sein Scheiden als harten Schicksalsschlag und werden uns nur langsam an den Gedanken gewöhnen, daß Georg Klingenberg nicht mehr unter den Lebenden und Schaffenden weilt. Die deutschen Ingenieure, mit denen und für die er in seinem Beruf und in seiner öffentlichen Tätigkeit unermüdlich gearbeitet hat, werden recht tun, sein Andenken in Ehren zu halten. C. M.

Der Vorstand des Vereines deutscher Ingenieure.

W. Bauersfeld, R. Bosch, E. Goos, G. Hammer, E. Heidebroek, H. Junkers, M. Krone, G. Lippart, G. ter Meer, L. Noé, K. Wendt.

Die Direktoren: C. Matschoß, W. Hellmich.

Über Strömungsarten und Ventilwiderstand[1].

Von Professor Dr.-Ing. Emil Schrenk, Karlsruhe.

Die verschiedenen, bei Teller- und Kegelventil auftretenden Strömungsarten, die sich durch Strahlform, Ventilwiderstand und Ventilbelastung unterscheiden, werden besprochen. Ein Verfahren zur Bestimmung der Ventilwiderstände auf Grund von versuchsmäßig ermittelten Kontraktionszahlen wird besprochen. Ferner wird gezeigt, wie ein Ventil für einen möglichst geringen Ventilwiderstand zweckmäßig auszubilden ist und auf welche Weise sich die Spaltgeschwindigkeit wieder in statischen Druck umsetzen läßt.

Strömungsarten bei Ventilen.

Beim Durchtritt des Wassers durch Plattenventile mit ebenem oder kegeligem Sitze können ohne Veränderung der Ventilstellung und der Durchflußmenge verschiedene Strömungsarten beobachtet werden, die sich sowohl durch die entstehende Strahlform, wie durch die Größe des Ventilwiderstandes und des Druckes auf das Ventil voneinander unterscheiden. Einen Hinweis auf diese Tatsache hat bereits L. Klein[2]) gegeben.

Die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen dieser Strömungsvorgänge sind aus dem praktischen Bedürfnis entstanden, die Bedingungen kennen zu lernen, unter denen die einzelnen Strömungsarten entstehen. Sie sind einerseits abhängig von der Formgebung des Ventiles und seines Sitzes, anderseits von der Gestalt und Weite des Ventilgehäuses. Da die Strömungsvorgänge bei Ausfluß unter Wasser beobachtet sind, entsprechen sie auch vornehmlich den praktisch wichtigen Fällen der selbstarbeitenden Ventile.

Versuchseinrichtung.

Das Wasser durchströmt zunächst das Regelventil *a*, Abb. 1, und den Scheibenwassermesser *b* und gelangt sodann nach dem zylindrischen Behälter *e*. Von hier aus fließt es durch das eigentliche Versuchsventil *f*, Abb. 1 und 1a, dessen Durchflußwiderstände bestimmt wurden, nach dem Behälter *g*, aus dem es durch den Überlauf *k* abfließt. Der Behälter *g* hat seitlich Glaswände, durch die man beobachten und photographieren kann. Die verschiedenen Versuchsventile waren zum Aufschrauben auf die Ventilspindel *o* eingerichtet und konnten leicht gegeneinander ausgewechselt werden.

Die Ventilspindel ist wagerecht verstellbar gelagert, gegen Verdrehen gesichert und mit Feingewinde von 1 mm Steigung versehen. Mittels der beiden Muttern *s* kann der Ventilabstand vom Sitz verändert und auf hundertstel Millimeter genau eingestellt werden. Der Zeiger *z* gibt den Hub in vierfacher Vergrößerung, und eine entsprechende Einteilung am Umfange der Muttern *s* ermöglicht die Ablesung auf hundertstel Millimeter. Das Gehäuse *i* des Versuchsventiles ist ebenfalls verstellbar und zum Auswechseln eingerichtet.

Da für den Ausfluß unter Wasser die Lage der Ventilachse auf den Durchflußwiderstand und die Strömungsverhältnisse ohne Einfluß ist, wurde die wagerechte Lage der Ventilspindel gewählt, um die Versuchsventile bequemer ein- und ausbauen zu können. Zur Ermittelung des Druckhöhenunterschiedes H zwischen Behälter e und g, d. h. zwischen den Räumen vor und hinter dem Versuchsventil, wurde die Druckhöhe H_1 und die Überfallhöhe H_2 abgelesen, woraus sich ergab: $H = H_1 - H_2$.

Das Wesentliche der vorstehenden Versuchsanlage besteht darin, daß die Versuche bei nahezu unveränderlicher Durchflußmenge durchgeführt werden konnten, während bei den bisher durch das Schrifttum bekannt gewordenen Versuchseinrichtungen zur Erforschung der Ventilwiderstände nur bei gleichbleibender Überdruckhöhe gearbeitet wurde. Die Versuche wurden in dem Maschinenbaulaboratorium I der Technischen Hochschule in Darmstadt mittels Druckwassers der städtischen Wasserleitung durchgeführt und die Vornahme der Versuche in die Nachtzeit verlegt, damit die Messungen bei geringster Druckänderung in der Wasserleitung ausgeführt werden konnten.

Strömungsarten beim Tellerventil.

Bei einem Tellerventil sind zwei Strömungszustände A und B zu unterscheiden. Wird das Ventil geöffnet, so bildet sich zunächst der Strömungszustand A, Abb. 2. Dieser Zustand bleibt bei zunehmendem Ventilhub bis zu einem ganz bestimmten Hube h_1 erhalten. Bei weiterer Vergrößerung springt der Strahl aus dem Zustand A plötzlich in den Zustand B über, Abb. 3. Wird umgekehrt das Ventil vom großen Hub ausgehend dem Sitz genähert, so erfolgt der Übergang des Strömungszustandes B in den Zustand A bei einem Ventilhub h_2 kleiner als h_1. Die Werte h_1 und h_2 stellen somit Grenzwerte für die beiden Strömungszustände A und B dar. Die so gewonnenen Versuchwerte h_1 und h_2 stimmten bei Wiederholung der Versuche, langsam und erschütterungsfreie Verstellung des Ventiles vorausgesetzt, stets überein. Es folgt hieraus, daß die beiden Strömungszustände nicht etwa von Zufälligkeiten abhängig sind, sondern mit bestimmten Strömungsvorgängen zusammenhängen.

Da die beiden Ventilstellungen, bei denen einmal der Sprung von Zustand A in B und umgekehrt von B in A auftritt, nicht zusammenfallen, so besteht also ein Bereich, in dem beide Strömungsarten auftreten können.

Abb. 1. Versuchseinrichtung.

$H = H_1 - H_2$, Druckhöhenunterschied zwischen den Behältern e und g
c_1, c_2 Geschwindigkeiten vor und hinter dem Versuchsventil.

a Regelventil
b Scheibenwassermesser
d Beruhigungswand
e Eintrittsbehälter
f Versuchsventil
g Ausflußbehälter
i Gehäuse des Versuchsventiles
k Ueberlauf
o Ventilspindel
s Einstellmuttern
z Hubzeiger.

Abb. 1a.
Teil der Versuchseinrichtung.

[1]) Auszug aus Heft 272 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Schrenk: „Versuche über Strömungsarten, Ventilwiderstand und Ventilbelastung". Berlin 1925, VDI-Verlag.

[2]) Vergl. Z. Bd. 49 (1905) S. 485, 618, 894; s. a. R. Baumann, Z. Bd. 50 (1906) S. 2103 u. f.

Abb. 2. Strömungszustand *A* bei Öffnung des Ventiles.

Abb. 3. Strömungszustand *B*.

Hinsichtlich der Ventilstellung und der hierdurch bedingten Strömungsart lassen sich somit drei Gebiete unterscheiden:

1. Gebiet *A*, wo nur der Zustand *A* auftritt (Ventilhub $\leq h_2$),
2. „ *B*, „ „ „ *B* „ (Ventilhub $\geq h_1$),
3. „ *AB*, wo sowohl der Zustand *A* als auch *B* auftreten kann (Ventilhub $= h_1$ bis h_2).

Befindet sich das Ventil im Gebiet *AB*, so kann ohne Änderung der Ventilstellung der eine Strömungszustand in den andern übergeführt werden. Es sei beispielsweise durch Anheben des Ventiles der Strömungszustand *A* im Gebiet *AB* erhalten worden, so kann er durch absichtliche Störung in *B* übergeführt werden, indem an irgend einer Stelle des Spaltquerschnittes ein Hindernis vermittels eines Stäbchens erzeugt wird. Der Zustand *B* bleibt nunmehr auch nach Entfernen des Hindernisses dauernd erhalten und kann daher als stabiler Zustand bezeichnet werden, während der Strömungszustand *A* im Grenzgebiet *AB* nur einem labilen Gleichgewicht entspricht.

Die Rückführung des stabilen Zustandes *B* in den Zustand *A* kann nun dadurch geschehen, daß unterhalb des Strahles ein Unterdruck erzeugt wird, der dadurch hervorgerufen werden kann, daß ein über dem Ventilsitz verschiebbar angeordnetes Rohr *r*, ähnlich wie in Abb. 7, bis zur Berührung mit dem Wasserstrahl vorgeschoben wird. Wird alsdann das Rohr wieder zurückgezogen, so kehrt der Strahl in den Strömungszustand *A* zurück, da der Wasserstrahl innerhalb des Rohres einen Unterdruck erzeugt, unter dessen Einfluß nunmehr der Strahl dem Rohre beim Zurückziehen folgt.

Abb. 4 und 5 zeigen die beiden Strömungszustände *A* und *B* bei einem Tellerventil, das von einem Glasgehäuse umgeben ist. Durch Anheben des Ventiles von seinem Sitz wurde der labile Zustand *A*, Abb. 4, und dann durch ganz leichte Erschütterung der Ventilspindel ohne die geringste Änderung des Hubes der stabile Zustand *B* hergestellt, Abb. 5.

Die oben genannten Grenzhübe h_1 und h_2 für den Übergang des Zustandes *A* in *B* bzw. *B* in *A* sind abhängig vom Ventil- und Sitzdurchmesser oder, wenn das Ventil sich in einem Gehäuse befindet, von den Abmessungen des Ventiles und des Gehäuses. Ferner ist die Geschwindigkeit im Ventilsitz von Einfluß, und zwar derart, daß mit zunehmender Durchflußgeschwindigkeit h_1 größer und h_2 kleiner werden.

Die Messungen des Durchflußwiderstandes haben ergeben, daß er für den Zustand *A* wesentlich kleiner ist als für den Zustand *B* unter sonst gleichen Verhältnissen. Da der Durchflußwiderstand stets möglichst gering zu halten ist, so sind jene Verhältnisse anzustreben, bei denen der Zustand *B* gar nicht eintreten kann. Dies ist um so leichter zu erreichen, als bei Beginn der Ventilöffnung der Zustand *A* selbsttätig eingeleitet wird und daher nur die Bedingungen zu erfüllen sind, bei denen der Zustand *A* noch aufrecht erhalten bleibt. Diese Bedingungen, die hier nur angedeutet seien, können aus zeichnerischen Darstellungen entnommen werden, die auf Grund umfangreicher Versuche aufgestellt wurden und in Forschungsarbeit 272 zu finden sind.

Beim Ventil mit Gehäuse bildet sich über dem Ventil ein stark ausgeprägter Wirbel aus, Abb. 6. Dieser Wirbel tritt aber nur bei Ausfluß unter Wasser auf. Bei Ausströmen in Luft dagegen verläßt das Wasser das Gehäuse in Form eines Hohlzylinders.

Strömungsarten beim Kegelventil.

Während beim Tellerventil nur zwei voneinander verschiedene Strömungszustände beobachtet wurden, konnten beim Kegelventil deren sechs ermittelt werden, ohne daß mit diesen schon alle möglichen Strömungsarten erschöpft wären. Fünf der aufgefundenen Strömungsarten sind aus Abb. 7 zu erkennen; ihre abweichenden Formen

Abb. 4. Tellerventil mit Glasgehäuse; Strömungszustand *A*.

Abb. 5. Tellerventil mit Glasgehäuse. Strömungszustand *B*.

Abb. 6. Wirbelbildung über dem Ventil bei Vorhandensein eines Gehäuses.

Abb. 8. Strömungszustand AB beim Kegelventil.

seien in der Folge mit Zustand A, B, C, D und E bezeichnet. Der sechste noch beobachtete Zustand, der sich aus den Zuständen A und B zusammensetzt, Abb. 8, sei mit AB bezeichnet. Diesen verschiedenen Strömungen entsprechen auch wie beim Tellerventil verschiedene Ventilwiderstände.

Eine übersichtliche Veranschaulichung der Überdruckhöhen zwischen den Räumen vor und hinter dem Ventil für die bezeichneten Zustände gibt in Abhängigkeit vom Ventilhub Abb. 9. Dadurch, daß in diesem Diagramm die Überdrucklinien bis zu jener Hubgrenze gezeichnet sind, bis zu der ein bestimmter Zustand unter den vorliegenden Verhältnissen gerade noch bestehen konnte, können aus ihm auch die Grenzwerte der Ventilerhebungen für jeden aufgefundenen Strömungszustand entnommen werden. Es sind dies die punktiert hervorgehobenen Ordinatenstücke, deren Endwerte die bei einem gleichen Ventilhub möglichen Strömungsverschiedenheiten erkennen lassen.

Damit sind nicht nur die Grenzlagen der Ventilstellungen für jeden einzelnen Zustand festgelegt, sondern auch die Gebiete abgesteckt, in denen zwei oder mehrere Zustände auftreten können. Wie beim Tellerventil ergeben sich auch für das Kegelventil abweichende Grenzlagen für die verschiedenen Strömungszustände, je nachdem das Ventil durch langsames Verdrehen der Muttern s in Abb. 1a dem Sitz genähert oder von ihm entfernt wird. Die dabei auftretende Reihenfolge der in Abb. 7 gekennzeichneten Strömungszustände sei nachfolgend für eine gleichbleibende Durchflußmenge von 1,7 l/s entsprechend einer Strömungsgeschwindigkeit im Sitzquerschnitt von $c = 1{,}5$ m/s noch festgestellt.

Beim Öffnen des Ventils bildet sich zunächst der Strömungswiderstand D, der bis 7 mm Ventilhub anhält; hierauf erfolgt der Sprung in den Zustand B, der bis 20 mm Ventilhub unverändert bleibt und von da ab in den Zustand E übergeht, der äußerlich vom Anfangszustand D, Abb. 7, nur wenig abweicht. Wird das Ventil von seiner Endlage bei $h = 22$ mm langsam dem Sitz genähert, so tritt bei $h = 9{,}5$ mm der Übergang von Zustand E in B und bei weiterer Annäherung auf $h = 6{,}5$ mm der Sprung von B in den Anfangszustand D ein.

Diese Reihenfolge tritt aber nicht immer auf. Es kommt vor, daß beim Öffnen des Ventiles im Gebiet $h = 6{,}8$ bis 7 mm noch ein weiterer zwischen D und B liegender Strömungszustand C, Abb. 7, wahrgenommen wird, indem bei $h = 6{,}8$ mm der Zustand D aufhört, aber nicht in B überspringt, sondern zunächst in C, der erst bei $h = 7$ mm in B übergeht.

Die Widerstände für Zustand C, der nur beim Öffnen des Ventiles wahrzunehmen ist, sind nur unwesentlich geringer als für Zustand B, so daß die Überdruckkurven nahezu zusammenfallen.

Ein ungewöhnlicher Strömungszustand läßt sich mittels des am Ventilsitz verstellbar angeordneten Rohrstückes r, Abb. 7, erzeugen. Wird dieses bei Ventilhüben zwischen 5,6 und 14,6 mm bis zur Berührung mit dem jeweils vorhandenen Strahl vorgeschoben, so entsteht im Rohrinnern ein Unterdruck, demzufolge der Wasserstrahl am Rohr haften bleibt, wenn es in die Anfangstellung zurückgeschoben wird, wobei sich der Zustand A einstellt, der sich vom Zustand E und B auch durch einen wesentlich geringeren Durchflußwiderstand unterscheidet.

Abb. 7. Strömungszustände A bis E beim Kegelventil.
r verschiebbares Rohrstück.

Abb. 9. Vergleich der Ventilwiderstände für die Strömungsarten A, B, C, D, E und AB beim Kegelventil, Abb. 7; Geschwindigkeit im Ventilsitz $c = 1{,}499$ m/s.

Abb. 10. Vergleich der Ventilwiderstände für die Strömungsarten A, B, C, D und AB bei einem Kegelventil. $d = 50$ mm, $d_1 = 60$ mm, $D = 102$ mm und $c = 1{,}03$ m/s.

a Dorn
g Gehäuse
k Sperrklinke
m Maßstab
r_I, r_{II} Meßringe
s Scheibe
z Zähne der Meßringe.

Abb. 11 und 12. Einrichtung zur Bestimmung der Kontraktion beim Tellerventil.

Ist der Strömungszustand A einmal eingeleitet, so liegt der Bereich, innerhalb dessen das Ventil verstellt werden kann, ohne daß der Zustand A aufgehoben würde, zwischen $h = 5{,}6$ und $h = 14{,}6$ mm. Bei kleinerem Ventilhub tritt der Übergang in Zustand D, bei größerem in Zustand B ein. Beim Übergang von Zustand A in D kann bisweilen beobachtet werden, daß A nicht plötzlich in D überspringt, sondern zunächst in den Zustand AB, Abb. 8, der jedoch nur kurze Zeit anhält und hierauf in den bleibenden Zustand D übergeht.

Zustandsänderungen können auch ohne Verstellung des Ventiles ähnlich wie beim flachsitzenden Ventil auf die dort schon bezeichnete Art und Weise künstlich erzeugt werden. Bei diesen Versuchen konnte deutlich die Wahrnehmung gemacht werden, daß diejenigen Zustände im allgemeinen bedeutend leichter herzustellen sind, die den größeren Durchflußwiderstand aufweisen.

Dieselben Zustände A, B, C, D und AB, die beim Kegelventil, Abb. 7, mit 38 mm Sitzdurchmesser und 1,5 m/s Wassergeschwindigkeit im Sitz beobachtet wurden, konnten auch bei einem Kegelventil mit $d = 50$, $d_1 = 60$ und $D = 102$ mm sowie $c = 1{,}03$ m/s wahrgenommen werden, dagegen trat der Zustand E nicht auf. Die den verschiedenen Strömungsarten entsprechenden Überdruckhöhen sind in Abb. 10 veranschaulicht.

Ventilwiderstand.

Zur Bestimmung des Ventilwiderstandes, d. h. derjenigen Druckhöhe, die aufzuwenden ist, um ein Gas oder eine Flüssigkeit mit der gewünschten Geschwindigkeit durch ein geöffnetes Ventil hindurchzutreiben, hat Bach eine größere Anzahl von Versuchen[1]) mit verschiedenen Ventilen ausgeführt und Gleichungen zur Berechnung aufgestellt.

Im nachstehenden soll ein andrer Weg zur Ermittlung des Ventilwiderstandes, nämlich ausgehend von der wirklichen Spaltgeschwindigkeit, beschritten und das Ergebnis der hierzu vorgenommenen Versuche besprochen werden.

Die einzelnen Druckhöhen, aus denen sich der Ventilwiderstand zusammensetzt, sind folgende:

1. $\frac{c^2}{2g}$ zur Erzeugung der Geschwindigkeit c im Ventilsitz,
2. $\zeta \frac{c^2}{2g}$ zur Überwindung der Bewegungswiderstände im Ventilsitz,
3. $\frac{c_1^2 - c^2}{2g}$ zur Erzeugung der Spaltgeschwindigkeit c_1 und
4. $\zeta_1 \frac{c_1^2}{2g}$ zur Überwindung der Widerstände am Ventil.

Die gesamte aufzuwendende Druckhöhe ist demnach:

$$H = \frac{c^2}{2g} + \zeta \frac{c^2}{2g} + \frac{c_1^2 - c^2}{2g} + \zeta_1 \frac{c_1^2}{2g}$$

$$= \zeta \frac{c^2}{2g} + (1 + \zeta_1) \frac{c_1^2}{2g} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1).$$

Von den vorstehend angeführten Größen läßt sich die Geschwindigkeit c im Ventilsitz ohne weiteres aus der sekundlichen Durchflußmenge Q berechnen, die Spaltgeschwindigkeit c_1 dagegen erst nach genauer Kenntnis der jeweiligen Kontraktion, da beim Übertritt einer Flüssigkeit durch ein gewöhnliches Ventil der freie Spaltquer-

[1]) Vergl. C. Bach, Versuche über Ventilbelastung und Ventilwiderstand. Berlin 1884, Julius Springer.

Abb. 13. Schmaler Ventilsitz ohne Gehäuse.

Abb. 14. Breiter Ventilsitz ohne Gehäuse.

Abb. 15. Ventilsitz mit Gehäuse.

schnitt nicht vollständig vom durchfließenden Körper ausgefüllt wird.

Der Berechnung der Spaltgeschwindigkeit c_1 hat somit die Ermittlung der Kontraktionszahl α, die durch Versuch zu bestimmen ist, vorauszugehen.

Bestimmung der Kontraktionszahl α bei veränderlichem Ventilhub.

Tellerventil.

Die in Abb. 11 und 12 dargestellte Meßvorrichtung ermöglichte es durch besonderes Verfahren, zwei Punkte der inneren Strahlbegrenzung auf hundertstel Millimeter genau festzulegen. Der Strahlablenkwinkel φ wurde photographisch ermittelt, und so konnten die Strahldicke s und der Durchmesser D_s mit großer Genauigkeit bestimmt werden, s. Abb. 13 bis 15. Hieraus ergab sich:

$$\text{Kontraktionszahl } \alpha = \frac{\text{kleinster Strahlquerschnitt}}{\left\{\begin{array}{c}\text{wirklicher vom Ventil frei-}\\ \text{gegebener Durchflußquer-}\\ \text{schnitt}\end{array}\right\}}$$

$$= \frac{D_s \pi s}{d \pi h} = \frac{D_s s}{d h} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2).$$

Auf diese Weise wurden für die Ventilanordnungen, Abb. 13 bis 15, die Kontraktionszahlen ermittelt und in Abb. 16 dargestellt. Diese Werte, die mit zunehmendem Ventilhub abnehmen, zeigen, daß bei Ausführung nach Abb. 14 die geringste, nach Abb. 15 die größte Überdruckhöhe aufzuwenden ist.

An Hand von Abb. 16 läßt sich somit für die vorstehend genannten drei Ausführungen, wenn die sekundliche Wassermenge Q gegeben ist, für jeden Ventilhub die wirkliche Spaltgeschwindigkeit c_1 berechnen aus der Gleichung

$$c_1 = \frac{Q}{\alpha d \pi h} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3).$$

Die weiteren zur Bestimmung des Ventilwiderstandes noch erforderlichen Werte ζ und ζ_1 ergaben sich wie folgt:

Widerstandsbeiwert des Ventilsitzes:
im Mittel . . . . $\zeta = 0{,}08$.

Widerstandsbeiwert des Ventiles:
für Abb. 13 im Mittel . . . . $\zeta_1 = 0{,}138$
„ „ 14 „ „ . . . . $\zeta_1 = 0{,}043$

$$\text{für Abb. 15} \left\{ \begin{array}{l} \text{wenn } h \leq 0{,}16\, d,\ \zeta_1 = 0{,}18 \\ \text{„ } h > 0{,}16\, d,\ \zeta_1 = 1{,}11 \dfrac{h}{d}. \end{array} \right.$$

Während für die beiden in Abb. 13 und 14 dargestellten Sitzausführungen der Widerstandsbeiwert ζ_1 unveränderlich angenommen werden kann, wächst er bei Abb. 15 von $h = 0{,}16\, d$ ab mit zunehmendem Ventilhub. Der Grund der zunehmenden Verluste liegt darin, daß mit einer Vergrößerung des Spaltquerschnittes nicht auch gleichzeitig eine Vergrößerung der freien Ringfläche $\frac{\pi}{4}(D^2 - d_1^2)$ zwischen Ventil und Gehäuse verbunden ist.

Beachtet man, daß in Gl. (1) das Glied $\zeta \frac{c^2}{2g}$ im Verhältnis zum Gesamtergebnis sehr klein ist, beispielsweise für einen mittleren Ventilhub von $h = 0{,}22\, d$ für Abb. 13 2,1 vH, für Abb. 14 2,5 vH und für Abb. 15 nur 1,6 vH beträgt, so ergibt sich, wenn $\zeta \frac{c^2}{2g}$ durch einen mittleren Zuschlag von 2 vH in Rechnung gestellt wird, mit hinreichender Genauigkeit für die Berechnung des Ventilwiderstandes die einfache Beziehung

$$H = 1{,}02\,(1 + \zeta_1)\frac{c_1^2}{2g} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4),$$

oder $c_1 = \frac{Q}{\alpha d \pi h}$ eingesetzt

$$\left.\begin{aligned} H &= 1{,}02\,(1 + \zeta_1)\frac{1}{2g}\left(\frac{Q}{\alpha d \pi h}\right)^2 \\ &= 1{,}02\frac{1}{2g}\frac{1}{\pi^2}(1 + \zeta_1)\left(\frac{Q}{\alpha d h}\right)^2 \\ &= 0{,}005\,27\,(1 + \zeta_1)\left(\frac{Q}{\alpha d h}\right)^2 \ [\text{m W.-S.}] \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \quad (5).$$

Hierin sind Q in m^3/s, d und h in m einzusetzen.

Abb. 16. Abhängigkeit der Kontraktion und des Strahlablenkwinkels vom Ventilhub für die Ventilsitze Abb. 13 bis 15.

Will man aber, was für den praktischen Gebrauch bequemer ist, die Durchflußmenge Q in l/s, den lichten Sitzdurchmesser d in cm und den Ventilhub h in cm einsetzen, dann ist nach folgenden Gleichungen zu rechnen:

$$H = 0{,}527\,(1 + \zeta_1)\left(\frac{Q}{\alpha d h}\right)^2 \ [\text{m W.-S.}] \quad . \; . \; . \; . \quad (6)$$

oder für Ausführung nach Abb. 13 (Strömungszustand B), wo ζ_1 im Mittel $= 0{,}138$ gesetzt werden kann:

$$H = 0{,}60\left(\frac{Q}{\alpha d h}\right)^2 \ [\text{m W.-S.}] \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (7);$$

für Ausführung nach Abb. 14 (Strömungszustand A), wo ζ_1 im Mittel $= 0{,}043$ angenommen werden darf:

$$H = 0{,}55\left(\frac{Q}{\alpha d h}\right)^2 \ [\text{m W.-S.}] \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (8);$$

schließlich für Ausführung nach Abb. 15, wo bis $h = 0{,}16\, d$ $\zeta_1 = 0{,}18$,

$$\text{wenn } h \leq 0{,}16\, d \quad H = 0{,}62\left(\frac{Q}{\alpha d h}\right)^2 \ [\text{m W.-S.}] \quad . \; . \quad (9),$$

$$\text{wenn } h > 0{,}16\, d \quad H = 0{,}527\left(1 + 1{,}11\frac{h}{d}\right)\left(\frac{Q}{\alpha d h}\right)^2 \quad . \quad (10).$$

Die Kontraktionszahl α kann jeweils aus Abb. 16 entnommen werden. Es sei noch bemerkt, daß bei dem in Abb. 15 gewählten verhältnismäßig engen Gehäusedurchmesser der Zustand A schon bei dem kleinen Ventilhub $h = 0{,}047\, d$ nicht mehr bestehen konnte und in Zustand B überging.

Diese vorstehend abgeleiteten Beziehungen einschließlich der von Bach aufgestellten Gleichungen gelten aber nur für Konstruktionsverhältnisse, die genau mit denen übereinstimmen, die bei den Versuchen zugrunde gelegt wurden. Sobald die Größenverhältnisse geändert werden, ändert sich auch sofort der Ventilwiderstand H, wie zahlreiche Versuche, bei denen der Ventilsitz- und Gehäusedurchmesser sowie auch die Gehäuselänge verändert wurden, ergeben haben. An Hand besonders aufgezeichneter Kurven, s. Forschungsarbeit 272, lassen sich aber auch hierfür die jeweiligen Ventilwiderstände in ähnlicher Weise ableiten.

Im übrigen sei noch darauf hingewiesen, daß zwischen dem Strahlablenkwinkel φ und dem Ventilwiderstand ein gesetzmäßiger Zusammenhang besteht, so daß für ein beliebiges flachsitziges Ventil bei gegebenem Ventilhub schon auf Grund des Winkels φ der Ventilwiderstand bestimmt werden könnte.

Abb. 17. Bestimmung der Kontraktion beim Kegelventil, s. a. Abb. 11 u. 12.
a, *b* Vorschübe *c*, *d* Strahlbegrenzungspunkte.

Abb. 18. Bestimmung des wirklich freigegebenen Durchflußquerschnittes.

Kegelventil.

Die Kontraktionszahl α wurde wie beim Tellerventil bestimmt. Gemessen wurden die Vorschübe *a* und *b*, Abb. 17, und so die Strahlenbegrenzungspunkte *c* und *d* festgelegt, woraus sich ergab:

$$\text{Kontraktionszahl } \alpha = \frac{\text{kleinster Strahlquerschnitt}}{\left\{\begin{array}{c}\text{wirklicher vom Ventil frei-}\\ \text{gegebener Durchflußquer-}\\ \text{schnitt}\end{array}\right\}}$$

$$= \frac{D_s \pi s}{D_z \pi z} = \frac{D_s s}{D_z z} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (11).$$

Die Auswertungen der Versuche, die in Abb. 19 zusammengestellt sind, erstrecken sich nur auf Ventilhübe $h \geq 0{,}2\, d$, da die vorhandene Versuchseinrichtung für kleinere Hübe keine einwandfreien Ergebnisse mehr lieferte und zu weitgehend hätte umgestaltet werden müssen. Der Strahlablenkwinkel φ blieb nahezu unverändert und betrug im Mittel $\varphi = 44°$. Ferner ergab sich der Widerstandsbeiwert des Ventilsitzes im Mittel zu $\zeta = 0{,}08$ und der Widerstandsbeiwert des Ventiles

$$\zeta_1 = 0{,}45\,\frac{h}{d}\,.$$

Die wirkliche Spaltgeschwindigkeit erhält man zu

$$c_1 = \frac{Q}{\alpha\, D_z \pi z} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (12).$$

Auch beim Kegelventil gilt für den Ventilwiderstand die einfache Beziehung

$$H = 1{,}02\,(1 + \zeta_1)\,\frac{c_1^2}{2\,g}$$

oder, für c_1 den obigen Ausdruck eingesetzt,

$$\left.\begin{aligned} H &= 0{,}527\,(1+\zeta_1)\left(\frac{Q}{\alpha\, D_z z}\right)^2 \\ &= 0{,}527\left(1 + 0{,}45\,\frac{h}{d}\right)\left(\frac{Q}{\alpha\, D_z z}\right)^2 \text{ [m W.-S.]} \end{aligned}\right\} \quad \ldots (13)$$

wobei Q in l/s, D_z und z in cm einzusetzen sind. D_z und z bestimmt man am einfachsten auf zeichnerischem Wege, s. Abb. 18.

Abb. 19. Abhängigkeit der Kontraktion vom Ventilhub, s. Abb. 17 u. 18.

Mittel zur Verringerung des Ventilwiderstandes.

Im folgenden sollen noch einige Maßnahmen besprochen werden, durch die sich zum Teil sehr bedeutende Verringerungen des Durchflußwiderstandes im Vergleich zu den üblichen Ausführungen erreichen lassen. Der größte Teil des aufzuwendenden Überdruckes entfällt auf die Bildung der Spaltgeschwindigkeit c_1. Soll eine nennenswerte Verminderung des Ventilwiderstandes erreicht werden, so ist vor allem hier der Hebel anzusetzen. Erstens kann durch eine zweckmäßige Ausbildung des Ventilsitzes die Kontraktion verringert oder ganz beseitigt werden, so daß der Strahl den ganzen vom Ventil freigegebenen Durchflußquerschnitt ausfüllt, wodurch die Spaltgeschwindigkeit und damit die ihr entsprechende Geschwindigkeitshöhe $\frac{c_1^2}{2\,g}$ wesentlich vermindert werden. Zweitens kann die in der Spaltgeschwindigkeit enthaltene Strömungsenergie wieder in statischen Druck umgesetzt und so der größte Teil der zur Erzeugung der Spaltgeschwindigkeit aufgewandten Druckhöhe wieder zurückgewonnen werden. Beide Mittel können auch gleichzeitig Anwendung finden.

Eine Konstruktion, durch die beispielsweise eine Verminderung des Ventilwiderstandes durch eine Verringerung der Kontraktion erzielt wird, stellen die

düsenförmigen Ventilsitze

nach Abb. 21 und 22 dar. Durch die hier gewählte Ausführung wird die Spaltgeschwindigkeit ohne erhebliche Übergangsverluste erzeugt. Für die folgenden Versuche wurden in den Ventilsitz Abb. 20 mit dem Durchflußquerschnitt $F = 11{,}34\text{ cm}^2$ zwei verschiedene Düsen eingebaut, deren lichte Weiten so gewählt waren, daß in dem einen Fall, Abb. 21, der Durchflußquerschnitt an der engsten Stelle nur $\sim \frac{1}{2} F = 5{,}73\text{ cm}^2$, in Abb. 22 nur noch $\frac{1}{3} F = 3{,}8\text{ cm}^2$ betrug. Die ermittelten Ventilwiderstände, Abb. 23, zeigen, daß sich durch die Düsenform für gewisse Ventilstellungen eine Verringerung des Ventilwiderstandes bis um 60 vH erreichen ließ.

Aus den Schaulinien *b* und *c* ist weiter zu schließen, daß der Ventilspalt bei den düsenförmigen Ventilsitzen vollständig vom Wasserstrom ausgefüllt ist, ja, daß zwischen Sitzfläche und Ventil sogar noch eine Umsetzung von Geschwindigkeitsenergie in statischen Druck stattgefunden haben muß, da sonst die Überdruckhöhe nicht unter, sondern mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Reibungsverluste über der strichpunktiert eingezeichneten theoretischen Geschwindigkeitshöhe $\frac{c_1^2}{2\,g}$ liegen müßte. Besonders deutlich kommt die Umsetzung von Strömungsenergie in statischen Druck bei Kurve *c* zum Ausdruck.

Abb. 20 bis 23. Vergleich der Ventilwiderstände für die Ventilsitze a), b) und c).

Abb. 24.

Abb. 25.

Abb. 24 bis 26. Vergleich der Ventilwiderstände für das Tellerventil a), Abb. 24, und das zum Diffusor erweiterte Tellerventil b), Abb. 25.

Während beispielsweise für den Ventilhub $h = 4$ mm und die Durchflußmenge $q = 1{,}70$ l/s, Abb. 23, Kurve *c*, die Überdruckhöhe nur 0,062 m W.-S. beträgt, müßte sie, wenn keine Geschwindigkeitsumsetzung stattfände, selbst bei Vernachlässigung der Reibungsverluste mindestens gleich der Geschwindigkeitshöhe $\frac{c_3^2}{2\,g} = 0{,}102$ m W.-S. sein.

Wird der Ventilhub vergrößert, so beginnt die Druckkurve wieder anzusteigen. Hieraus erhellt, daß der vom Ventil freigegebene Austrittquerschnitt nicht mehr ganz vom Wasserstrahl ausgefüllt wird, die Umsetzung in statischen Druck nach und nach wieder verschwindet. Ventilspalt und Düsenquerschnitt müssen also in einem ganz bestimmten Querschnittverhältnis stehen, wenn die bestmögliche Zurückgewinung von Strömungsenergie erzielt werden soll.

Eine besonders weitgehende Umsetzung von Geschwindigkeit in statischen Druck läßt sich erzielen, wenn Ventil und Gehäuse nach Abb. 25 ausgebildet werden. Bei diesem zum Diffusor erweiterten Ventil wird der Durchgangswiderstand auf etwa $^1/_7$ bis $^1/_9$ herabgemindert, oder mit andern Worten: es braucht, wenn gleiche Ventilwiderstände zugrunde gelegt werden, beim Diffusorventil nach Abb. 25 der Ventilhub nur 3 mm zu betragen, wenn beispielsweise für ein gewöhnliches Tellerventil nach Abb. 24 14 mm Hub erforderlich sind, s. Abb. 26.

Die Diffusorausbildung nach vorstehender Art ist jedoch nur bei gesteuerten oder von Hand betätigten Ventilen anwendbar. Als selbsttätig arbeitendes Abschlußorgan läßt sich dagegen die Ausführung nach Abb. 25 nicht verwenden, da das Ventil unmittelbar nach dem Öffnen infolge des entstandenen Diffusorunterdruckes sofort wieder mit großer Kraft auf seinen Sitz gepreßt und geschlossen wird.

Durch den Überdruck von unten wird das Ventil zwar erneut geöffnet, infolge der gleichzeitig entstehenden Diffusorwirkung jedoch sofort wieder gegen seinen Sitz gedrückt, so daß das Ventil während der Durchflußperiode fortwährend auf seinen Sitz hämmert.

Abb. 27. Diffusorventil vom Diffusor getrennt.
k Kammer für den Druckausgleich
o Verbindungskanal.

Dieser Übelstand läßt sich aber dadurch beseitigen, daß für einen Druckausgleich unter- und oberhalb des Ventilkörpers gesorgt wird, Abb. 26 (DRP Nr. 376 900). Diese Ausbildung hat außerdem den Vorteil, daß sich durch die Trennung des eigentlichen Ventilkörpers vom Diffusor ein kleines Ventilgewicht ergibt.

Durch die Anordnung einer Kammer *k*, deren eine begrenzende Wand das Ventil selbst bildet, kann sich durch die Verbindungskanäle *o* der Druckausgleich auf der oberen und unteren Ventilfläche zu jeder Zeit derart vollziehen, daß bei allen Druck- und Geschwindigkeitsverhältnissen ein selbsttätiges Arbeiten des Ventiles gewährleistet wird.

Dadurch, daß beim Diffusorventil der Hub auf einen Bruchteil des sonst üblichen verkleinert werden kann, lassen sich, wenn Maschinen mit Ventilen dieser Art ausgerüstet werden, hohe Umdrehungszahlen bei ruhigem und stoßfreiem Gang erzielen, wie beispielsweise die Versuche des Verfassers, bei denen das Diffusorventil nach Abb. 27 als Druckventil in eine einfachwirkende Pumpe eingebaut war, ergeben haben. [B 828]

Neue Installations-Selbstschalter.

Installationsselbstschalter dienen dazu, elektrische Leitungsanlagen sowie Stromverbraucher ähnlich wie Sicherungen vor Schäden durch Überlastung und Kurzschluß zu schützen. Dies geschieht dadurch, daß ein elektromagnetisch betätigter Schalter im Gefahrfalle die Stromzufuhr abschaltet. Im Gegensatz zu Sicherungen kann nach der Unterbrechung des Stromkreises durch den Installations-Selbstschalter der Schalter wieder in Betrieb gebracht werden. Er übernimmt den Schutz der Leitung auch dann, wenn die Ursache zur Auslösung des Schalters noch nicht beseitigt worden ist.

Der Elfa-Apparat der AEG wird für unverwechselbares Einsetzen in bezug auf die Schutzstromstärke hergestellt und kann in die vorhandenen Sicherungselemente einer bestehenden Anlage ohne irgendwelche Veränderung an Stelle der bisher benutzten Sicherungen eingeschraubt werden. Er enthält in mehreren völlig getrennten Kammern einen Elektromagneten und einen Schalter. Eine Überlastung des Stromkreises oder ein Kurzschluß wird ohne jede schädliche Unterbrechung abgeschaltet.

Normale Schmelzsicherungen lassen sich bei der hohen Einschaltstromstärke von Kurzschlußmotoren, namentlich solcher älterer Konstruktion, nicht gut verwenden, weil sie durch den Anlaufstrom einer solchen Maschine sicher abgeschmolzen werden würden; ähnlich hohe Einschaltstromstöße treten auch bei hochkerzigen Metallfadenlampen auf. Um das Abschmelzen der Sicherungen zu verhindern, mußte man solche höherer Nennstromstärke benutzen, was den Schutz beeinträchtigt. Thermische Verzögerungseinrichtungen an Überstromschaltern haben nun die Aufgabe, Stromstöße, die beim Einschalten der erwähnten Stromverbraucher entstehen, vorübergehend unwirksam zu machen, um ein Abschalten derartiger Verbraucher zu verhindern. Treten aber Ströme auf, die weder den Leitungen noch den Stromverbrauchern längere Zeit zugemutet werden können, so wird das thermische Hilfsorgan: die Verzögerungseinrichtung, durch Erwärmung beeinflußt, bis der Auslösemechanismus das Abschalten bewirkt. Die Zeiträume bis zum Abschalten sind abhängig von der Höhe der Stromstärke. Bei großen Überströmen und ausgesprochenen Kurzschlüssen wird sofort abgeschaltet.

Bei einem neuen Installations-Selbstschalter der AEG[1]) wurde erreicht, daß die Anlaufstromstärke des Motors den Schalter nicht auslöst, während dieser im Bereich niedrigerer Ströme mit entsprechender Zeitverzögerung ausgelöst wird. Der Auslösestrom wird auf eine Größenordnung bemessen, die für den Schutz des Leiterquerschnittes unbedingt erforderlich ist. Im Vergleich zu Kurven von Sicherungen für 15 und 25 A Nennstrom liegt die Kurve des Selbstschalters zunächst zwischen denen beider Sicherungen und zum Schluß unter der Kurve der kleineren Sicherung. Der Schalter weist also bei größeren Strömen zunächst die Trägheit einer 25 A-Sicherung auf und nimmt bei kleineren Strömen nach einiger Zeit die Empfindlichkeit einer 15 A-Sicherung an.

Von Bedeutung ist, daß das Wiedereinschalten ohne lange Kühlpausen möglich ist, da die thermischen Organe unmittelbar beheizt werden und sich mit der zur Verfügung stehenden großen Oberfläche infolgedessen verhältnismäßig schnell abkühlen können.

[N 891] Grünwald.

[1] Mitteilungen der AEG 1925 Heft 9

Die Technik des Rundfunkempfanges.

Von Dr. P. Gehne und Dr. W. Mönch, Berlin.

(Schluß von S. 1248.)

Grundschaltungen für Röhrenempfang.

Die Röhrenempfangsschaltungen bauen sich auf der einfachen Audionschaltung auf, d. h. einer Schaltung, bei der der Antennenkreis auf irgendeine der anfangs dargestellten Arten mit der als Audion nach Abb. 15 (S 1247) geschalteten Röhre gekoppelt wird. Im Anodenkreise des Audions liegt dann das Telephon. Fügt man noch eine Rückkopplung hinzu, so hat man den rückgekoppelten, einfachen Audionempfänger. Das ist der gebräuchlichste Röhrenempfänger, der auch mit einfachen Behelfsantennen reichliche Lautstärke im Kopfhörer selbst in großer Entfernung vom Sender ergibt. Wünscht man größere Lautstärke, so schaltet man in den Anodenkreis des Audions statt des Telephons die Primärwicklung eines Niederfrequenztransformators, eines kleinen mit Eisenkern versehenen Wandlers mit sehr hoher Windungszahl ein, dessen Sekundärwicklung im Gitterkreis der nächsten Röhre liegt. Die im Anodenkreis des Audions fließenden Wechselströme erzeugen erhöhte Wechselspannungen am Gitter der zweiten Röhre, die wiederum erheblich verstärkte Wechselströme im Anodenkreis der Verstärkerröhre auslösen. Genügt die so erzielte Verstärkung mit einer Röhre nicht, so kann man über einen zweiten Transformator eine weitere Verstärkerstufe anschließen und kommt so zu einer Niederfrequenz-Verstärkerkaskade, wie sie in Abb. 17 wiedergegeben ist. Bei Benutzung mehrerer Verstärkerstufen hat man darauf zu achten, daß die Spannungsschwankungen im Gitterkreise der verschiedenen Röhren innerhalb des geradlinigen Verlaufes der Charakteristik bleiben, da sonst Verzerrungen der Stromkurve eintreten (vergl. Abb. 10 S. 1246). Man muß daher die Anodenspannung richtig bemessen und erforderlichenfalls eine besondere (negative) Vorspannung an das Gitter legen. Bei großen Verstärkungsgraden wählt man am besten als letzte Röhre eine eigens zu diesem Zwecke gebaute sogenannte Endverstärkerröhre größerer Abmessung.

Die Güte der Sprach- und Musikwiedergabe hängt in hervorragendem Maße von der Güte der Transformatoren ab, die so gebaut sein müssen, daß sie alle in normalem, hörbarem Bereich liegenden Frequenzen gleich gut übertragen. Völlige Verzerrungsfreiheit ist mittels der Niederfrequenztransformatoren kaum zu erreichen. Eine getreuere Wiedergabe bei allerdings weniger ausgiebiger Verstärkung jeder Stufe erzielt man, wenn man die einzelnen Röhren durch Ohmsche Widerstände miteinander koppelt. Zu diesem Zweck legt man in den Anodenkreis einer Röhre einen Widerstand von der Größenordnung des vier- bis fünffachen inneren Widerstandes der Röhre (etwa 50 bis 100 000 Ω). Entsprechend den Schwankungen des Anodenstromes treten an den Enden dieses Widerstandes Spannungsänderungen auf, die sich über einen Kondensator auf das Gitter der nächsten Röhre übertragen. Es leuchtet nach dem weiter oben Gesagten ein, daß man hierbei, um ein Abfließen der Gitterladungen zu ermöglichen, das Gitter über einen hohen Widerstand (einige Megohm) mit der Kathode verbinden muß. Ein solcher Widerstandverstärker ist in Abb. 18 dargestellt. An Stelle der Kopplungswiderstände kann man auch Drosseln mit Eisenkern und sehr hoher Windungszahl benutzen und erhält dadurch eine Verstärkerschaltung, die, was Verstärkungsziffer und Übertragungsgüte anbetrifft, etwa in der Mitte zwischen Verstärkern mit Transformator- und solchen mit Widerstandkopplung steht.

Abb. 17. Niederfrequenz-Verstärkerkaskade.

ab Anodenbatterie *hb* Heizbatterie hw_1, hw_2 Heizwiderstände tr_1, tr_2 Transformatoren *t* Telephon.

Der vorstehend erläuterten Niederfrequenzverstärkung bedient man sich, wie erwähnt, dann, wenn es sich um Erreichung einer größeren Lautstärke, z. B. für den Lautsprecherbetrieb handelt. Dagegen ist diese Verstärkungsart nicht geeignet, eine wesentlich größere Reichweite zu erzielen. Es empfiehlt sich daher nicht, den noch eben an der Grenze der Hörbarkeit liegenden schwachen Audionempfang eines entfernten Senders durch übertriebene Niederfrequenzverstärkung besser wahrnehmbar zu machen. Für diese Fälle (Vergrößerung der Reichweite) ist die Hochfrequenzverstärkung vor dem Audion das gegebene Mittel. Diese besteht darin, daß man die schwachen Hochfrequenzschwingungen des Antennenkreises, also vor ihrer Gleichrichtung im Audion, verstärkt. Die Verstärkungsverfahren sind zum Teil grundsätzlich die gleichen wie die bei der Niederfrequenzverstärkung benutzten. Man kann auch für diese Fälle Transformatoren, Drosseln und Ohmsche Widerstände benutzen. Natürlich wird man entsprechend der hohen Frequenz Transformatoren sowohl wie Drosseln von ganz wesentlich niedrigerer Windungszahl und im allgemeinen solche ohne Eisenkern verwenden.

Diese Kopplungsmittel sind jedoch für die vornehmlich im Rundfunk benutzten kurzen Wellen nicht besonders gut geeignet. Wesentlich bessere Verstärkung erreicht man durch abgestimmte Kopplungsmittel. Man wählt daher Transformatoren, die infolge der Eigenkapazität der Spulen etwa auf den zu verstärkenden Wellenbereich abgestimmt sind, oder noch besser solche, die durch parallel geschaltete, einstellbare Kondensatoren auf die gewünschte Frequenz abgestimmt werden. Es genügt hierbei, einen Kondensator zu verwenden, den man entweder parallel zur Primär- oder zur Sekundärspule legt. Eine besonders wirksame Kopplung für Hochfrequenzverstärker bildet die vielbenutzte sogenannte Sperrkreiskopplung. Diese Kopplung unterscheidet sich von der Widerstandkopplung dadurch, daß im Anodenkreis der einen Röhre an die Stelle des Ohmschen Widerstandes ein auf die zu verstärkende Frequenz abgestimmter, in sich geschlossener Schwingungskreis gelegt wird. Der Widerstand eines solchen Schwingungskreises ist für die Frequenz, auf die er abgestimmt ist, unendlich groß, während er für abweichende Frequenzen klein ist. Diese Schaltung ergibt daher eine sehr wirksame und scharf abstimmbare Verstärkung. Ein Beispiel dafür zeigt Abb. 19. In mehreren Stufen hintereinander geschaltet, führt diese Anordnung jedoch leicht zum Selbstschwingen und erfordert dann besondere Maßnahmen hiergegen.

Abb. 18. Widerstandverstärker.

ab Anodenbatterie *hb* Heizbatterie *aw* Ohmsche Widerstände oder Eisendrosseln im Anodenkreis der Röhren *w* Gitterableitungswiderstände *kc* Kopplungskondensatoren *t* Telephon

Zusammengesetzte Schaltungen.

Aus den drei vorstehend beschriebenen Anordnungen: Hochfrequenzverstärkung, Audionschaltung und Niederfrequenzverstärkung sind nun die üblichen Röhrenempfänger zusammengestellt. Die verbreitetsten Anordnungen sind: Das einfache Audion (Einröhrengerät), das Audion mit einer oder zwei Niederfrequenz-Verstärkerstufen (Zwei- und Dreiröhrengeräte), das Audion mit vorgeschalteter Hochfrequenzverstärkung (ein bis zwei Stufen) und nachgeordneter Niederfrequenzverstärkung (mit ein oder zwei Stufen). Häufig wird der Niederfrequenzverstärker getrennt von dem übrigen Empfangsgerät als besondere Einheit ausgeführt, die dann nach Belieben mit dem eigentlichen Empfänger zusammengeschaltet wird.

Diese Schaltungsgruppen waren noch bis vor kurzer Zeit die einzigen auf dem deutschen Rundfunkmarkt vertretenen Bauarten. Sie unterschieden sich meist nur äußerlich durch die Form ihres Einbaues, manchmal auch durch die Art und Weise der Rückkopplung. Die Niederfrequenzverstärker waren und sind auch heute fast durchweg mit Transformatoren gekoppelt; widerstandgekoppelte Verstärker sieht man selten. Im allgemeinen genügen diese Geräte den gewöhnlichen Ansprüchen. Mit einem Vierröhrengerät ist bei einigermaßen günstiger Antenne der Empfang fast sämtlicher europäischer Rundfunksender möglich. Ein Nachteil dieser Schaltungen besteht in der Gefahr, beim unvorsichtigen Arbeiten mit der Rückkopplung Störungen zu verursachen. Für den Empfang mit Rahmenantennen sind im allgemeinen die Geräte ohne Hochfrequenzverstärkung nicht verwendbar.

Neuerdings ist man zur Verwendung sogenannter hochwertiger Schaltungen übergegangen, deren erste Gruppe die Reflexschaltungen, auch Duplex- oder Doppelverstärker-Schaltungen genannt, bilden. Diese weisen im Grunde genommen gegenüber den vorstehend skizzierten Schaltungen nur den Unterschied auf, daß man eine der Röhren doppelt, sowohl für Hoch- wie für Niederfrequenz, ausnutzt, und zwar in der Weise, daß man der Hochfrequenz-Verstärkerröhre (gewöhnlich über einen Transformator) die durch das Audion gleichgerichteten Schwingungen noch einmal zuführt, so daß ihr Gitter durch zwei Ströme gesteuert wird, die sich wegen des gewaltigen Frequenzunterschiedes gegenseitig nicht beeinflussen. Bei Verwendung von zwei Röhren liegt das Telephon dann im Anodenkreise der doppelt ausgenutzten ersten Röhre, so daß man mit zwei Röhren etwa die Wirkung eines Dreiröhrenapparates erzielt. Schaltet man in den Anodenkreis der ersten Röhre an Stelle des Telephons die Primärspule eines Niederfrequenztransformators, so kann man sekundär dazu eine dritte Röhre einschalten und erreicht somit mittels dreier Röhren etwa die Wirkung eines Vierröhrengerätes. Diese Schaltungen bieten also lediglich den Vorteil der Röhren- und damit auch der Strom-, Gewicht- und Raumersparnis. Sie müssen aber, wenn sie einwandfrei arbeiten sollen, außerordentlich sorgfältig ausgeführt sein.

Abb. 19 zeigt das Schaltbild einer solchen Reflexschaltung. Die von der Antenne aufgenommenen Schwingungen werden in der ersten Röhre hochfrequent verstärkt und mittels Sperrkreiskopplung (Sperrkreis *sp*) auf die zweite Röhre, die als Audion wirkt, übertragen. Dieses Audion ist auf den Sperrkreis rückgekoppelt. Die von der zweiten Röhre gleichgerichteten Schwingungen werden durch den Transformator *tr* nochmal dem Gitter der ersten Röhre zugeführt. Im Auslande mehr als bei uns vertreten ist eine besondere Art der Reflexschaltungen, bei der die Gleichrichtung nicht durch eine Audionröhre, sondern durch einen Detektor bewirkt wird, wie Abb. 20 erkennen läßt.

Abb. 19. Reflexschaltung.

sp Sperrkreiskopplung *tr* Transformator *t* Telephon.

Im Gegensatz zu diesen Reflexschaltungen, die eine Röhrenersparnis erzielen, erfordern die übrigen hochwertigen Schaltungen gerade eine sehr erhebliche Vermehrung der Röhren. Zu diesen Schaltungen gehören zunächst die sogenannten Neutrodyneschaltungen. Bei ihnen findet eine größere Anzahl (drei bis vier) Hochfrequenzverstärkerstufen Anwendung, für die bei Empfang kurzer Wellen, wie bereits oben dargelegt wurde, die Verwendung abgestimmter Kopplungselemente notwendig ist. Bei Verwendung mehrerer derart abgestimmter Kreise tritt nun aber erfahrungsmäßig leicht eine Selbsterregung, d. h. die Erzeugung von Schwingungen ein, die man bei den Neutrodyneschaltungen durch Einschalten von Gegenkopplungen zwischen den einzelnen Röhren mittels sehr kleiner, einstellbarer Kondensatoren vermeidet. Die Einstellung dieser Geräte ist daher nicht ganz einfach, wenn sie aber einmal richtig eingestellt sind, arbeiten sie recht zuverlässig. Sie sind für Fernempfang mittels Rahmenantenne geeignet, daher frei von vielen Störungen, die die Verwendung von Hochantennen mit sich bringt, und ermöglichen es deshalb auch in hervorragendem Maße, sich von der Beeinflussung durch den nächstgelegenen Sender frei zu machen. Abb. 21 zeigt eine solche typische Neutrodyneschaltung, in der zwei Hochfrequenzstufen mit Neutrodynekondensatoren dargestellt sind.

Das eben erwähnte Freimachen von den Wellen des benachbarten Senders, bei dessen Arbeiten mit den gewöhnlichen Schaltungen ein Fernempfang meist völlig unmöglich wird, hat der Technik große Schwierigkeiten gemacht. Es liegt nahe, die Lösung dieser Aufgabe mit Hilfe von Siebkreisen zu versuchen, die in der Fernsprechtechnik bereits seit langem mit recht gutem Erfolge die verschiedensten Anwendungen gefunden haben. In der Tat ist eine derartige Lösung wohl möglich, ihr Erfolg immerhin be-

Abb. 20. Reflexschaltung mit Gleichrichtung durch Detektor.

d Detektor *t* Telephon

Abb. 21. Neutrodyneschaltung.

n Neutrodynekondensator *t* Telephon

Abb. 22. Schaltung mit Filterkreis.

f Filterkreis *t* Telephon.

Abb. 23. Superheterodyne-Schaltung mit zwei Hochfrequenzröhren, sowie je einer Audion-Niederfrequenz- und Überlagerungsröhre.
t Telephon

Abb. 24. Armstrong-Schaltung.
c-s_2 Hilfskreis
s_1, s_2 Kopplungsspulen
c Parallelkondensator zur Anodenbatterie
t Telephon.

achtlich. Abb. 22 zeigt eine solche Schaltung, in der *f* den Filterkreis darstellt. Derartige Filterschaltungen verwenden Schwingungskreise, die auf die Welle des störenden Senders gut abgestimmt sind, vor dem Antennenkreis oder vor dem Audion mit der Wirkung, daß die störenden Frequenzen in diesen Filterkreisen einen sehr hohen Widerstand finden und durch sie mindestens sehr stark geschwächt werden. Fast die gleiche Wirkung kann man auch schon mit scharf abgestimmten Zwischenkreisen erzielen, die zwischen Antennen- und Gitterkreis gelegt werden.

Völlig befriedigend wirken diese Schaltungen jedoch noch nicht, jedenfalls verfügen wir heute über weit höherwertige Geräte, die an Schärfe der Abstimmung und an Störungsfreiheit kaum noch zu überbieten sind.

Es sei daran erinnert, daß es beim Telegraphie-Empfang ungedämpfter Zeichen notwendig ist, diesen ungedämpften Schwingungen eine zweite ungedämpfte Welle zu überlagern, deren Frequenz von der eigentlichen Sendewelle um so viel abweicht, daß die Summe der Schwingungen einen hörbaren Ton ergibt. Diese mit sogenanntem Überlagerungsempfang (auch Heterodyneempfang genannt) arbeitende Einrichtung ist für den Telephonieempfang in bestimmter Weise abgewandelt worden zu einer Schaltung, die man Superheterodyne-Schaltung nennt. Auch wird eine örtlich am Empfänger erzeugte Überlagerungsschwingung zu der empfangenden zugefügt, deren Frequenz nun aber so gewählt ist, daß das Ergebnis der Überlagerung eine Schwingung ist, die noch im unhörbaren Bereich liegt, die also auch noch als Hochfrequenz anzusprechen ist. Man tut dies, weil man diese sekundär entstehende Schwingung außerordentlich leicht ganz scharf abstimmen kann, wie sich aus folgendem Beispiel ergibt:

Die Sendewelle hat die Länge $\lambda = 300$ m (Schwingungszahl 1 000 000 Hertz), ihr wird eine örtlich erzeugte Überlagerungswelle von $\lambda = 333$ m (Schwingungszahl 900 000 Hertz) überlagert; der Unterschied beider Schwingungszahlen beträgt 100 000 Hertz, die Schwebung (Interferenzschwingung) hat also 3000 m Wellenlänge. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß eine kleine Änderung der Überlagerungswelle eine verhältnismäßig beträchtliche Änderung der resultierenden Schwingung verursachen muß. Naturgemäß kann man die Zwischenfrequenz noch bedeutend höher wählen. Das Verfahren hat außerdem den großen Vorteil, daß man die entstehende Zwischenfrequenz (3000 m) viel wirkungsvoller verstärken kann, als die kurzen Wellen. Da die erhaltene Schwingung unhörbar ist, bedarf es zur Hörbarmachung noch besonderer Vorkehrungen, die aber bereits erwähnt sind. Man kann hier Detektor oder Audion verwenden. Abb. 23 zeigt eine der geläufigen Superheterodyne-Schaltungen mit zwei Hochfrequenz-, einer Audion- und einer Niederfrequenzröhre sowie der Röhre, die die Überlagerungswelle erzeugt. In Wirklichkeit werden jedoch meist mehrere Hoch- und Niederfrequenzstufen angewandt.

Zum Schlusse sei noch eine Gruppe von Schaltungen erwähnt, die den Zweck verfolgen, die Wirkungen der Rückkopplung, also der künstlichen Dämpfungsverminderung, bis zum äußersten auszunutzen, was ja bei den einfachen Rückkopplungsschaltungen wegen der hierbei einsetzenden Selbsterregung nicht angängig ist. Sehr große Verbreitung fanden von den hierher gehörigen Schaltungen besonders in Amerika die sogenannten Pendelrückkopplungs- oder Superregenerativschaltungen. Von der Erfahrung ausgehend, daß die Dämpfungsverminderung am stärksten ist, wenn man mit der Rückkopplung bis an die äußerste Grenze geht, also so weit, daß ein labiler Zustand eintritt, bei dem ein winziger Anstoß genügt, um Selbsterregung zu bewirken, schuf Armstrong eine Einrichtung, bei der tatsächlich der kritische Punkt der Rückkopplung für ganz kurze Zeit überschritten

Abb. 25. Einfacher Detektor.

Abb. 26 bis 28. Detektor mit mehrfacher Einstellung.

wird. Armstrong erreicht dieses periodische Pendeln der Rückkopplung dadurch, daß er in der Audionröhre eine Mittelfrequenz-Hilfsschwingung erzeugt, die die Gitterspannung und infolgedessen die Bedingung für die Rückkopplung (im Takte der Mittelfrequenz) ändert, so daß also die Rückkopplung um den kritischen Punkt pendelt. Hierbei wird natürlich die Frequenz der Hilfsschwingung über den hörbaren Bereich gelegt, so daß ihr Vorhandensein im Hörer nicht festgestellt werden kann. Abb. 24 dürfte ohne besondere Erklärung diese Armstrong-Schaltung erkennen lassen. Im Gitterkreis der Röhre liegt die Spule s_1, im Anodenkreis die Spule s_2. Beide sind miteinander gekoppelt, so daß Niederfrequenzschwingungen entstehen, die die periodische Änderung der Rückkopplung verursachen.

Ausführungen des Empfangsgerätes.

Der ungeahnte Aufschwung, den die Rundfunkindustrie sogleich nach der Einrichtung der Rundfunksendestellen nahm, brachte es natürlich mit sich, daß auch ganz unbekannte und plötzlich aufgetauchte Firmen sich mit der Herstellung von Rundfunkgeräten befaßten, deren Unkenntnis auf diesem Gebiet und deren Geschäftsgebaren dazu angetan waren, die gesunde Weiterentwicklung der ganzen Sache zu gefährden. Heute sind die Verhältnise geklärt, viele der Konjunkturfirmen sind verschwunden, jedoch eine immerhin beträchtliche Zahl von Firmen ist der Sache treu geblieben und versorgt nicht nur den deutschen Markt, sondern findet auch im Ausland ihre Abnehmer.

Es ist oben gezeigt worden, daß die einfachsten Apparate, die einen einwandfreien Empfang über kleinere Entfernungen vom Sender ermöglichen, mit sogenannten Detektoren arbeiten. Diese Detektoren, Abb. 25, die aus zwei verschiedenartigen Mineralien oder Kristallen bestehen, werden nun in den mannigfaltigsten Ausführungen hergestellt. Die Hauptziele der Industrie sind dabei: einfachste Handhabung, höchste Unempfindlichkeit gegen Stoß usw., leichte Einstellbarkeit, d. h. schnelles Herausfinden „aktiver" Stellen und daneben Billigkeit der Herstellung. Die Schwierigkeit des Einstellens, die bei einzelnen Detektoren die Handhabung durch den Laien beträchtlich erschwert, hat die Hersteller auf die eigenartigsten Gedanken gebracht. So hat die Firma Telefunken in ihrem „Polytektor" einen Kristalldetektor herausgebracht, bei dem eine Wiedereinstellung nach einer Skala durch eine in 12 Kontaktzungen unterteilte Bronzescheibe, Abb. 26 bis 28, in sinnreicher Weise ermöglicht wird.

Die Form der Detektorgeräte, deren Kasten aus Holz, Metall oder auch Pappe und dergleichen hergestellt ist, wird stets bedingt durch die Art der Spulen oder des Kondensators (der nicht unbedingt erforderlich ist), die er aufzunehmen hat. Die Industrie ist auch an die Lösung höherwertiger Detektorenempfänger gegangen und hat Sekundärempfänger auf den Markt gebracht, deren Empfang zwar nicht lauter, aber abstimmschärfer ist, als der der Primärempfänger. Abb. 29 gibt das Innere eines Sekundärempfängers von C. Lorenz A.-G. wieder.

Aber nicht nur die Verbesserung der Güte des Empfanges, besonders der Abstimmschärfe, sondern auch die Vergrößerung der Lautstärke wird von den meisten Rundfunkteilnehmern gewünscht, wird doch dadurch praktisch eine Vergrößerung der Reichweite erzielt. So liefern denn die Firmen als Ergänzung des einfachen Detektorempfängers Röhrenverstärker. Diese Niederfrequenzverstärker bestehen aus einem Eingangstransformator, der an Stelle des Telephons an den Empfänger geschaltet wird, und dessen Sekundärseite dann zum Gitterkreis einer Eingitterröhre geführt wird, in deren Anodenkreis der oder die Kopffernsprecher oder der Lautsprecher geschaltet werden. An Steckern oder Klemmschrauben werden dann die Batteriezuleitungen angebracht. Wird ein noch höherer Verstärkungsgrad gewünscht, so wird durch Hinzufügen eines zweiten Transformators und einer zweiten Röhre ein Zweifach-Niederfrequenzverstärker gebaut. Von den vielen Ausführungsformen sei hier nur eine Bauart der Firma Dr. Erich F. Huth, G. m. b. H., gezeigt, Abb. 30, die besonders in ihrer offenen Form für den Bastler zum Selbsteinbau und zur Ergänzung zum Zweiröhrenverstärker durch Anreihen eines gleichen Gerätes gedacht ist. Den gleichen Gedanken, es dem Rundfunkfreund durch allmähliche Beschaffung einzelner Geräte zu ermöglichen, eine vollständige und recht hochwertige Empfangseinrichtung zusammenzustellen, finden wir in den Arcon-Geräten der Firma Telefunken verwirklicht. Es ist hier sowohl eine Reihe aus einem Primärdetektorempfänger und zwei Niederfrequenzstufen zusammengestellt worden, als auch eine weitere mit Detektorreflexempfänger und Hochfrequenzverstärker, die einen außerordentlich hochwertigen Satz darstellt.

Abb. 29. Detektor-Sekundärempfänger von C. Lorenz. Rückansicht.

a Rolle am Abstimmknopf
b Gegenrolle
c verschiebbare Spule
d Mitnehmer an dem Seil um *a* und *b* zum Einstellen von *c*.
e feste Spule
f Kopplungsschalter
g Schalter für den Wellenbereich.

Wie man aus den wenigen Zusammenstellungen sieht, ist die Möglichkeit verschiedenartiger Ausführungen von Detektorgeräten außerordentlich groß. Aber noch weit größer ist die Zahl der Gestaltungsformen der Röhrenempfänger. So bringt jede Firma bereits einfache Audionempfänger heraus, die sämtlich in mehr oder weniger hervortretenden Einzelheiten voneinander abweichen. Auch hier findet man Primär- und Sekundärempfänger.

Alle diese Einröhrenempfänger, die wohl in der überwiegenden Mehrzahl mit Rückkopplung arbeiten, können natürlich ähnlich wie die Detektorempfänger ergänzt werden durch Niederfrequenzverstärker mit einer oder

Abb. 30. Einröhren-Niederfrequenzverstärker von Huth.

a Transformator *b* Heizwiderstand *c* Batterieanschlüsse
d Zuleitung vom Audion- oder Detektor-Empfänger
e Anschluß für die Hörer.

Abb. 31. Dreiröhren-Reflexempfänger der Firma Radiofrequenz G. m. b. H., Rückansicht.

a Röhrenfassungen
b Heizwiderstände
c Kopplung mit dem (aperiodischen) Antennenkreis
d Abstimmkondensator vor der ersten (Hochfrequenzverstärker-) Röhre (erste Röhre von rechts)
e Abstimmkondensator vor der Audionröhre (mittelste Röhre)
f Rückkopplung
g, g_1 Niederfrequenztransformator.

(Die Hochfrequenzröhre wird als erste Niederfrequenzröhre doppelt [reflex] ausgenutzt, die linke Röhre ist die zweite Niederfrequenz-Verstärkerröhre.)

mehreren Stufen, so daß die Empfangslautstärke dadurch noch bedeutend erhöht werden kann. Viele Firmen bauen diese Verstärker in solcher Form, daß sie sich auch äußerlich mit dem Empfänger zu einem Apparat ergänzen.

Von den unzähligen höherwertigen und mehrstufigen Empfangsgeräten seien nur einige kurz erwähnt. Abb. 31 zeigt das Innere eines Dreiröhren-Reflexempfängers der Firma Radiofrequenz G. m. b. H. Das Gerät ist dadurch bemerkenswert, daß es eine nach Wellenlängen geeichte Einstellskala hat, auf der eine Anzahl der bekanntesten Rundfunksender nach Wellenlängen verzeichnet sind, so daß es genügt, eine Marke auf den gewünschten Sender einzustellen und einige kleine Nachregelungen vorzunehmen, um den Sender zu empfangen.

Während die äußere Gestaltung der bisher erwähnten Empfangsgeräte allein durch die Zweckmäßigkeit und Übersichtlichkeit der zu bedienenden Teile bestimmt war, haben natürlich die Firmen auch den verwöhnteren Ansprüchen der Käufer Rechnung tragen müssen und ihren Geräten Gehäuse gegeben, die sich den neuzeitlichen Wohnungseinrichtungen gut einfügen. Empfänger, die mit Lampen und Rauchtischchen vereinigt sind, Geräte in Schrankform, in kostbaren Vitrinen, finden sich, häufig auch solche, die ähnliche Formen aufweisen wie die Sprechmaschinen.

Auf S. 1627 wurde gezeigt, daß zur Erhöhung der Reichweite eines Empfängers die Einschaltung einer Hochfrequenzverstärkung besonders in der sogenannten „Neutrodyneschaltung" von Vorteil ist. Natürlich hat die Rundfunkindustrie auch derartig geschaltete Geräte hergestellt. Einzelne Firmen, wie z. B. Deutsche Telephonwerke und Kabelindustrie A.-G., die AEG, Dr. Georg Seibt und Siemens & Halske haben sich den Bau solcher hochwertiger Röhrengeräte zur Aufgabe gemacht.

Von den zahlreichen hochwertigen Empfängern sei zum Schluß ein Superheterodyne-Empfänger gezeigt, der unter dem Namen „Superhuth" von der Firma Dr. Erich F. Huth, G. m. b. H., auf den Markt gebracht wird. Abb. 32 läßt erkennen, wie einfach die äußere Form ist, die nur zwei Griffe für die Welleneinstellung aufweist. Abb. 33 zeigt das Innere des Gerätes. Man erkennt in der Mitte die Überlagerröhre, links davon die erste Audionröhre, während rechts davon die Niederfrequenz-Verstärkerröhre angeordnet ist. In der oberen Reihe erblickt man die drei Zwischenfrequenzröhren und als vierte die Audionröhre für den Zwischenfrequenzkreis. Diesen Einblick in den Empfänger hat man von oben nach Aufklappen des Deckels, während unter dem in Abb. 33 nicht sichtbaren Teil, der von der Hinterseite zugänglich ist, die notwendigen Batterien untergebracht sind.

Die diesjährige Zweite Große Deutsche Funkausstellung hat eine bedeutende Weiterentwicklung der deutschen Funkindustrie erkennen lassen. Die Feinarbeit hat bei allen Firmen große Fortschritte gemacht, die Einzelteile sind in besserer Herstellung gezeigt worden; sie sind den bisher als vorbildlich geltenden guten englischen und amerikanischen Erzeugnissen in vielen Fällen ebenbürtig, während ihr Preis im allgemeinen erheblich niedriger ist. Leider hat die Normung noch wenig Eingang gefunden. Die Freigabe des Empfanges auf allen Wellen tritt in ihren Folgen zutage. So sah man bereits auf fast allen Ständen Empfänger mit Wellenbereichen bis 3000 oder gar 5000 m. Wichtig aber ist ferner, daß die Industrie in Anpassung des Preises der Geräte an die Kaufkraft der Rundfunkteilnehmer dazu übergegangen ist, Reihengeräte zu bauen, die einzeln anzuschaffen sind und eine allmähliche Verbesserung des Empfängers durch nach und nach erfolgenden Zukauf von Ergänzungsgeräten ermöglichen. Es ist bemerkenswert, daß auch die großen Firmen hier vorbildlich vorgehen. Ganz entsprechend sind auch die meisten Empfänger mit großem Wellenbereich so eingerichtet, daß durch Zusatzkästen die notwendigen Spulen so angeschaltet werden, daß eine Verwechslung beim Austausch der Spulen durch den Bedienenden ausgeschlossen ist. Von diesen Geräten fielen besonders die der Firma Telefunken, des Sachsenwerkes, A.-G., und von Allradio auf. [B 596]

Vorderansicht

Ansicht von oben

Abb. 32 und 33. Superheterodyne-Empfänger von Huth.

a Einstellung auf die Empfangswellenlänge
b Einstellung der Ueberlagerungswelle
c Klinke für Kopfhörer (hinter der sechsten Röhre)
d Klinke für Lautsprecher (hinter der siebenten Röhre)
e Abstimmkondensator Audionröhre für die Empfangswelle
g Ueberlagerungsröhre
h Zwischenfrequenzröhren
i Audionröhre für die Zwischenfrequenz
k Niederfrequenz-Verstärkerröhre.

Die Bedeutung des Spannungsausgleichs für Umkehrantriebe (Erzbergbahn, Zugspitzenbahn).

Von Dipl.-Ing. Otto Ohnesorge, Patentanwalt, Bochum.

Das Auftreten von Flaschenzugspannungen an starren Mehrscheibenantrieben auch bei Drehwechsel wird durch den praktischen Befund bestätigt, ebenso wie dies durch frühere Vorschläge zur Beseitigung dieser Störungserscheinungen belegt wird. Die inzwischen ausgeführten Umkehrantriebe mit Spannungsausgleicher lassen dessen eigenartige Wirkung sinnfällig erkennen. Mit der bei Mehrscheibenantrieben mit Spannungsausgleich bestehenden Möglichkeit, im Gegensatz zu starren Antrieben die Spannrolle in die Seilschleife zwischen die Treibscheiben zu legen, kommt die Spannrolle bei Umkehrantrieben für beide Drehrichtungen gleichwertig zu liegen; dies ist für die Anordnung des Antriebes samt Spannrolle in der Talstation einer Bergbahn entscheidend.

Man darf wohl heute behaupten, daß der Gedanke des Spannungsausgleiches für Bahnen mit gleichbleibender Drehrichtung, wie Drahtseilbahnen, Streckenförderungen und Kettenbahnen, mit Hilfe der Kupplung der Treibscheiben durch Ausgleichgetriebe als anerkannt und bewährt anzusprechen ist, so daß sich bezüglich seiner Bedeutung keine Zweifel mehr ergeben; im übrigen kann hier auf das schon ziemlich umfangreiche Schrifttum verwiesen werden[1]). Dem Verfasser ist aber wiederholt die Behauptung entgegengehalten worden, daß der Spannungsausgleich für Förderanlagen mit wechselnder Drehrichtung wie Schachtförderanlagen, Schrägaufzüge (Bergbahnen) nicht die gleiche Bedeutung habe.

Zwecks Stellungnahme zu dieser Frage sei noch einmal kurz daran erinnert, worauf denn eigentlich die Störungserscheinungen bei den starren Mehrscheibenantrieben mit Umschlingung durch das gleiche Seil zurückgehen. Diese rühren in erster Linie daher, daß bei lehrmäßiger Inanspruchnahme der Seilstränge auf den einzelnen Treibscheiben diese mit Rücksicht auf die verschiedene Seildehnung verschiedene Umfangsgeschwindigkeiten aufweisen müßten, die man z. B. durch eine Stufenscheibenausbildung nach dem deutschen Patent 59 453 zu erreichen suchte. Die zweite Grundlage der Störungserscheinungen beruht auf den entweder von vornherein schon vorhandenen oder sich im Betriebe herausbildenden Ungleichmäßigkeiten in den wirksamen Scheibendurchmessern, wobei bei ständig gleichbleibender Drehrichtung die bekannte, dem Lehrfall entgegengesetzte Stufenscheibenausbildung eintritt. Es ist nun klar, daß für Umkehrantriebe infolge des Wechsels der Drehrichtung eine ausgesprochen einseitige Stufenausbildung entfällt, so daß in erster Linie diejenigen Störungserscheinungen verbleiben, die sich aus der ungleichmäßigen Seildehnung ergeben; diese summieren sich bei der einen Drehrichtung mit den unvermeidlichen Herstellungsfehlern, während bei der andern Drehrichtung der Unterschied beider auftritt. (Allerdings ist schon wieder beim Dreischeibenantrieb zwischen der mittleren Scheibe und den beiden andern, die abwechselnd als erste und dritte Scheibe auftreten, ein grundsätzlicher Unterschied in den Verschleißbedingungen vorhanden.)

Zunächst kann bezüglich der Bedürfnisfrage aus der Tatsache ein Schluß gezogen werden, daß von den ungefähr sich über ein Menschenalter erstreckenden Versuchen zur Beseitigung der Flaschenzugspannungen — von denen z. B. Dipl.-Ing. Götze in einem gedruckten Gutachten zwölf behandelt — sich eine Reihe gerade auf Umkehrantriebe bezieht. So sei hier das Patent 109 073 erwähnt, wonach jede Treibscheibe einen besonderen Antrieb erhält, während in dem Zusatzpatent 137 157 für einen Zweischeibenantrieb ein besonders gebauter Motor mit gegenläufigem Anker und Feld benutzt wird. Letztere Einrichtung wiederum ist einem Aufsatz „Elektrisch betriebene Hauptschachtfördermaschinen" von Köttgen in Z. Bd. 46 (1902) S. 761 u. f. zugrunde gelegt, wo eine ganze Fülle von Vorschlägen zur Durchführung dieses Gedankens gebracht ist, vergl. Abb. 1 und 2, ohne daß aber dieser Gedanke praktische Anwendung gefunden hätte. (Ich habe in einem Aufsatz „Der Spannungsausgleich für Mehrscheibenantriebe" in der Zeitschrift „Die Braunkohle" Jahrgang 23 (1924) Heft 38 ausgeführt, daß man rückschauend diesen Antrieb als „elektrisches Ausgleichgetriebe" bezeichnen könnte.)

Der Vollständigkeit halber soll noch auf das im gleichen Sinne als Beleg dienende deutsche Patent 139 559 verwiesen werden, wonach eine Kupplung der Treibscheiben durch Reibkränze erfolgen soll, eine Anordnung, die gemäß Z. Bd. 46 (1902) S. 1688 u. f. sogar einmal ihre praktische Verwirklichung gefunden hat, wenn auch diese Einrichtung im Gegensatz zu der eben besprochenen schon lehrmäßig daran leidet, daß natürlich die durch die Seilspannungen bewirkte Aneinanderpressung der Reibkränze der einzelnen Treibscheiben im Verhältnis mit den Seilspannungen steigt; wenn also überhaupt Drehmomente durch die Reibung übertragen werden sollen, so würden natürlich auch die den Flaschenzugspannungen entsprechenden ebenfalls übertragen werden müssen.

Die Tatsache, daß auch Umkehrantriebe unter Flaschenzugspannungen leiden können, wurde durch eigene Feststellungen des Verfassers, und zwar gelegentlich einer Studienreise durch die Ostalpen am Beispiel und Gegenbeispiel bestätigt. Da nämlich wenigstens in Deutschland im Schachtbetrieb Mehrscheibenantriebe mit Umschlingung durch das gleiche Seil kaum vorhanden sind, so blieben für die vorliegende Untersuchung im wesentlichen nur die großen Bergbahnen und Schrägaufzüge in Gebirgsländern, vor allem in den Alpen, wie sie in erster Linie für Personenförderung, daneben aber auch für technische Zwecke in großem Umfang in Anwendung stehen.

RZ 343 Z1-2

Abb. 1 und **2.** Fördermaschine mit Antrieb durch Motor mit gegenläufigem Anker und Feld.

Anker
Feld

[1]) Vergl. z. B. „Seil- und Kettenförderungen mit Spannungsausgleich als statisch bestimmte Gebilde" in Z. Bd. 63 (1919) S. 519 und „Über Mehrscheibenantriebe mit Umschlingung durch dasselbe Seil", „Fördertechnik und Frachtverkehr" Bd. 13 (1920) S. 52.

Abb. 3. Zweischeibenantrieb mit Spannungsausgleicher für die Erzbergbahn.

Danach kann zunächst nur festgestellt werden, daß bei solchen Umkehrantrieben sich die bezeichnenden Störungserscheinungen der Über- oder Flaschenzugspannungen ebenfalls fast durchgängig bemerkbar gemacht haben, und zwar durch die bekannten Erscheinungen des stufenförmigen Seilrutschens mit den am Strommesser festzustellenden Kraftschwankungen, der durch ihren hohen Ton beim Anschlagen kenntlichen Überbeanspruchung der Seilstränge zwischen den einzelnen Treibrillen oder Treibscheiben, der starken Abnutzung von Seil und Scheiben mit auffallenden Geräuschen, Erschütterungen der Umgebung usw.

In dem Aufsatz „Mehrscheibenantriebe mit Parallelseilen" in „Fördertechnik und Frachtverkehr" Bd. 17 (1924) S. 297 u. f. ist auf einen solchen Fall hingewiesen worden, wo die Störungserscheinungen ganz besonders heftig und sinnfällig auftraten, und zwar weil infolge der Umschlingung des Mehrscheibenantriebes durch zwei Parallelseile eine mehrfache statische Unbestimmtheit bzw. kinematische Überbestimmtheit vorlag. Auch der dort behandelte zweite Fall des Schrägaufzuges für das Spullerseewerk in Danöfen an der Arlbergbahn ist ein Beispiel für das Auftreten der bekannten Störungserscheinungen bei Umkehrantrieben. Von welchen Zufälligkeiten dies oft abhängt, geht daraus hervor, daß dort die beiden, durch ein „Parallelschaltgetriebe" (und noch einmal durch den Wagebalkenanschluß der Last) von vornherein gleichmäßig belasteten Antriebe Flaschenzugspannungen von ganz verschiedener Größenordnung aufweisen. Jedenfalls war damit auch der Betrieb der Anlage mit der ursprünglich vorgesehenen höheren Geschwindigkeit undurchführbar geworden.

Es ist übrigens außerordentlich lehrreich, daß sich infolge dieser Erscheinungen auch geradezu eine Abneigung gegen gefütterte Treibscheiben bei solchen Bergbahnen und Schrägaufzügen herausgebildet hat, was sich auch in behördlichen Verfügungen ausspricht. So ist in dem Werk „Die Tiroler Bergbahnen" von Armbruster, Verlag für Fachliteratur, Wien, gelegentlich der Wiedergabe der Konzessionsbestimmungen für eine solche Bahnanlage auf S. 244 darauf hingewiesen, daß eine Belederung der Antriebscheiben nur dann zulässig sei, wenn die Antriebscheiben nicht mehr als eine Rille hätten. Hieraus ergibt sich auch wiederum, daß man gerade bei belederten Zwei- oder Mehrscheibenantrieben trübe Erfahrungen gemacht haben muß. In dem Aufsatz in „Fördertechnik und Frachtverkehr", Bd. 13 (1920) S. 52 „Über Mehrscheibenantriebe mit Umschlingung durch dasselbe Seil" hatte ich gelegentlich einer Auseinandersetzung mit Herrn Böttcher zu dieser Frage Stellung genommen und möchte nur wiederholen, daß allerdings für starre Mehrscheibenantriebe diese Abneigung eine gewisse Berechtigung hat. Die störenden Flaschenzugspannungen treten nämlich aus zwei Gründen bei mit Holz, Leder oder dergl. gefütterten Scheiben in besonderem Maß auf, einmal weil der Reibungsschluß an sich dadurch bedeutend erhöht wird, und zum andern, weil natürlich diese weicheren Ausfütterungen in bezug auf die Abstufung in den wirksamen Treibrillendurchmessern günstigere Vorbedingungen bieten. Hier sollte jedoch nur darauf Bezug genommen werden, daß das Gleiche auch für Umkehrantriebe gilt.

Während so am praktischen Beispiel das Auftreten der Flaschenzugspannungen sinnfällig festgestellt werden konnte, war am Gegenbeispiel deren Vermeidung durch Verwendung von Ausgleichgetrieben erkenntlich. In den Alpen sind nämlich bereits eine Anzahl von Schrägaufzügen als Zweischeibenantriebe mit Spannungsausgleich ausgeführt worden, und zwar darf als deren Hauptvertreter die Bergbahnanlage auf dem Erzberg bei Eisenerz in Steiermark („Stinnesbahn") bezeichnet werden[1]). Es handelt sich hier um die Belegschaftsförderung von der bei Trofeng liegenden Unterstation zu der Oberstation Berghaus, die mit einer Standseilbahn bewältigt wird. Hier ist für das 50 mm dicke Zugseil in der Bergstation ein Zweischeibenantrieb nach Abb. 3 vorgesehen, der aus mit Leder gefütterten Treibscheiben von 4 m Dmr. besteht, deren zugehörige gefräste Pfeilradzahnkränze in Ritzel eingreifen, die wiederum unter sich durch ein Ausgleichgetriebe gekuppelt sind. Die Scheiben werden über dieses Ausgleichgetriebe von einem Motor von 200 PS angetrieben.

Abb. 4. Dreischeibenantrieb mit Spannungsausgleicher in Umkehrschaltung.

a, b, c Seilscheiben *d, e* Ausgleichgetriebe.

Eine bemerkenswerte Ausführungsmöglichkeit für einen Umkehrantrieb geht aus Abb. 4 und 5 hervor, die zunächst einen Dreischeibenantrieb erkennen lassen. Ein solcher ist insofern folgerichtig, als man auch für einen Zweischeibenantrieb immer drei Scheiben braucht, um das Seil in die Strecke zurückzuführen. Hiermit wird auch die dritte Scheibe zu nutzbringender Arbeitsleistung herangezogen. Die drei Scheiben *a*, *b*, *c* sind gleich im Abstand des ein- und auslaufenden Seiles angeordnet, wie dies beispielsweise durch den Gleisabstand eines Schrägaufzuges bedingt sein kann. Die drei Scheiben werden mittels der beiden Ausgleichgetriebe *d* und *e* nach dem in Abb. 6 dargestellten Schema geschaltet, d. h. das mit *d* bezeichnete erste der als Wagebalken wirkenden Ausgleichgetriebe verteilt die Gesamtumfangskraft zunächst zur Hälfte auf die mittlere Scheibe *b*, zur andern Hälfte auf das zweite Ausgleichgetriebe *e*, von diesem wiederum wird ein Viertel der Umfangskraft auf die Scheibe *c* und das andre Viertel auf die Scheibe *a* übertragen (vergl. DRP 341 307 Anspr. 5).

[1]) Vergl. Seefehlner: „Die Drahtseilbahn auf den steirischen Erzberg", Zeitschrift des Oesterr. Ing.- und Architekten-Vereins Bd. 77 (1925), S. 103 und „Elektrische Bahnen" Bd. 1 (1925), S. 84.

Diese Belastungsverteilung entspricht übrigens wiederum dem schon oben erwähnten Patent 109 073, insofern als dort bei einem Dreimotorenantrieb für die durch Umschlingung mittels des gleichen Seiles hintereinander geschalteten drei Treibscheiben die mittlere Treibscheibe mit einem doppelt so starken Motor als die beiden andern versehen ist. Dies ist durch die Ausnutzungsmöglichkeit der Spannungssteigerung auf der mittleren Scheibe im angenäherten Verhältnis von 1 : 2 für beide Drehrichtungen bedingt, während der Reibungsschluß auf der jeweils dritten Scheibe infolge der Umkehrbewegung nicht voll ausgenutzt werden kann.

Lehrreich ist dabei die Beobachtung der Wirkungsweise des Ausgleichgetriebes bei einem solchen Umkehrantrieb. Die Gesamtbewegung setzt sich aus der Überlagerung einer Hin- und Herbewegung mit einer dauernden Bewegung in dem einen oder dem andern Sinne zusammen, so daß nach einer Reihe von Förderzügen ein einseitiger Restbetrag verbleibt. Dabei werden die durch die Anordnung oder den Betrieb bedingten Einseitigkeiten, so die aus der Ungleichheit der Treibscheibendurchmesser oder einem dauernd einseitigen Lastüberschuß, auch aus der unsymmetrischen Seilführung auf der Strecke herrührenden Unterschiede im Seileinholen der Scheiben durch Hin- und Zurückwandern des Ausgleichers wettgemacht. Bei regelmäßigem Richtungs- und Belastungswechsel bewirken dagegen die Seildehnungsunterschiede ein dauernd einseitiges Wandern im Ausgleicher. Diese im ersten Augenblick auffällige Tatsache, daß bei Symmetrie in Anlage und Betrieb ein einseitiges Wandern wie bei den Antrieben mit gleichbleibender Drehrichtung eintritt, findet darin ihre Erklärung, daß hier eine zweimalige Umkehrung, nämlich sowohl bezüglich des Drehsinnes wie des Lastwechsels eintritt. Dabei entspricht der eine Seilwicklungssinn um die Antriebscheiben der einen, der andre der andern Richtung des Wanderns im Ausgleicher.

Die Ermöglichung des Antriebes von unten durch den Spannungsausgleich.

Über die auch bei Bahnen mit gleichbleibender Drehrichtung auftretenden grundsätzlichen Vorzüge des Spannungsausgleichs für Bahnen mit wechselnder Drehrichtung hinaus hat dieser Gedanke noch eine ganz besondere Bedeutung im Hinblick auf die Art des Antriebes eines Schrägaufzuges oder einer Bergbahn. Bisher ist man regelmäßig bei solchen Bahnen in der Weise vorgegangen, daß man den Antrieb oben und die erforderliche Spannrolle unten angeordnet hat[1]). Dabei ist wohl ohne weiteres klar, daß an sich die einwandfreie Möglichkeit, den Antrieb unten anzuordnen, bei Bergbahnanlagen außerordentliche Vorteile bringen würde, und zwar nicht nur in bezug auf den Bau, sondern auch den Betrieb. Man wird vielfach in der Bergstation hinsichtlich der Abmessungen und Gewichte, vor allem aber beim Heraufschaffen der Antriebskraft Beschränkungen unterworfen sein, wie auch schließlich die Wartung und der Betrieb namentlich in größerer Höhe Schwierigkeiten mit sich bringen.

[1]) Vergl. besonders „Rechnerische Grundlagen des Baues von Drahtseilbahnen" von Findeis, Leipzig und Wien 1923, Franz Deuticke, S. 98, 121 und 125.

Abb. 7. Köpescheibenförderung mit Seillängenänderung nach Heckel.

Um nun darzutun, welche Bedeutung gerade einem Ausgleicherantrieb hierfür zukommt, muß etwas weiter zurückgegriffen werden. Noch in der „Hütte, des Ingenieurs Taschenbuch", 24. Aufl. Bd. 2 S. 480 ist gelegentlich der Beschreibung einer zweirilligen Treibscheibe mit in die Seilschleife zwischen den Treibrillen eingeschalteter Leitrolle die Behauptung aufgestellt worden, die Leitrolle könne als Spannrolle ausgebildet werden. Dies ist aber falsch; denn wie in der bekannten Schrift von Heckel: „Wie soll der Antrieb einer maschinellen Seilförderung mit Rücksicht auf die Schonung des Seiles konstruiert sein?", St. Johann-Saarbrücken 1903, auf diesen Irrtum hingewiesen und dargetan worden ist, kann in Wahrheit eine solche zwischen den festen Treibscheiben oder Treibrillen liegende Leitrolle nicht als Spannrolle dienen; sie wird vielmehr in ihr Hubende gewunden, wo sie unter Auftreten der Flaschenzugspannungen stehen bleibt, ein Vorgang, der auch ganz allgemein zum Aufgeben dieses Gedankens geführt hat. Selbst bei Seillängenänderung auf der Strecke, z. B. durch Temperaturdehnung, könnte eine solche Leitrolle das Hängeseil nur unter Überwindung des Reibungsschlusses gegen die Treibrillen einholen.

Demgemäß hat auch seinerzeit Heckel, als er vor der Aufgabe stand, bei einer Köpescheibe durch Einbau einer verschieblichen Scheibe eine Seilverlängerung zwecks Abhauens der Schlöpfe herbeizuführen, in der Weise vorgehen müssen, Abb. 7, daß er von den beiden Scheiben auf der Antriebwelle, die von dem Seil nacheinander unter Zwischenschaltung der Spannrolle umschlungen werden, nur die eine fest, d. h. zur Treibscheibe machte, während die andre lose, d. h. als bloße Umlenkscheibe lief[2]). Abgesehen von dem auf

[2]) Vergl. die deutsche Patentschrift 153 944 und den Aufsatz „Eine neue Treibscheibenförderung" in der Zeitschrift „Der Bergbau" vom 18. Dezember 1913.

Abb. 5. Seilführung für den Antrieb nach Abb. 4.

Abb. 6. Wagebalken-Sinnbild für den Antrieb nach Abb. 4.

Abb. 8. Regelfall der Vereinigung eines starren Antriebes mit der Spannrolle.

Abb. 13. Schrägbahnantrieb von der Talstation aus mit Spannungsausgleicher und Spannscheibe (Zugspitzenbahn).

eine halbe Umschlingung der Treibscheibe beschränkten Reibungsschluß würde also diese Einrichtung für eine unter Gewichtbelastung stehende Spannrolle bei wechselnder Drehrichtung nicht in Frage kommen.

Erst mit dem Patent 261 931, das schon als Ausführungsbeispiel einen Umkehrantrieb zeigt, wurde es infolge des eigenartigen Zusammenwirkens der in die Seilschleife zwischen den beiden Treibscheiben eingeschalteten Spannrolle mit dem Ausgleichgetriebe (vergl. besonders Anspruch 2) ermöglicht, diesen Gedanken wieder aufzugreifen, um ihn praktisch einwandfrei durchzuführen. So wurde auch von vornherein bei den den Grundsatz des Spannungsausgleiches verkörpernden Modellen gleich diese weitere Eigenart mit berücksichtigt[1]). Auch in dem Aufsatz „Seilförderanlagen mit Ausgleichgetrieben", „Der Bergbau" 1915 Nr. 4, ist hierzu bereits eingehend Stellung genommen.

[1]) Vergl. Z. Bd. 63 (1919) S. 553, Abb. 19

Dementsprechend führt auch Dr. Löschner in seinem Aufsatz „Kritische Betrachtungen über die Antriebe von Seil- und Kettenförderungen und über die neuesten Bauarten dieser Antriebe" in den Mitteilungen des Pfalz-Saarbrücker Bezirksvereines deutscher Ingenieure 1920 S. 77 aus, daß im Falle der Schaltung der Treibscheiben durch Ausgleichgetriebe die Umlenkrolle unmittelbar als Spannscheibe Verwendung finden könne. Hier ist also im Vergleich zu Abb. 4 eine zweite Form der anderweitigen Ausnutzung der ohnehin erforderlichen Umlenkscheibe gegeben.

Dieser Vorteil wurde besonders sinnfällig durch den Umbau eines Seilantriebes auf Zeche „Carolinenglück" bei Bochum. Hier war zunächst die übliche Einrichtung getroffen, Abb. 8, daß das Seil über die erste Rille der zweirilligen Treibscheibe, dann über eine feste Umlenkscheibe zur zweiten Treibrille, schließlich über die unter Gewichtbelastung stehende Spannscheibe und zurück über eine auf der Achse der Treibscheiben lose laufende weitere Umlenkscheibe geführt wurde (vergl. die grundsätzliche Übereinstimmung mit Abb. 7). Wie von Götze in dem Aufsatz „Die Zugspannungen an Seil- und Kettenbahnen mit mehreren Treibrillen und ihre Regelung durch den Ausgleicher von Ohnesorge" in der Zeitschrift „Glückauf" Bd. 57 (1921) Nr. 17 dargetan worden ist, konnte unter Verzicht auf die im Gerüst verlagerte Umlenkscheibe und unter Ausbildung der losen Umlenkscheibe zur gesonderten zweiten Treibscheibe mit Ausgleichschaltung die Spannrolle unmittelbar in die Schleife zwischen den beiden Treibscheiben eingeordnet werden, Abb. 9. In der Paarung eines Mehrscheibenantriebes mit Spannungsausgleich und einer derart angeordneten Spannrolle ergibt sich nämlich insofern ein neues kinematisches Gebilde, als jetzt alle in der Gesamtanlage denkbaren Änderungen und Ungleichmäßigkeiten ausgeglichen werden. Die Spannrolle wird hier infolge Entfallens der Flaschenzugspannungen nicht nur selbst seitens des Antriebes nicht bewegt, sondern sie hat ihrerseits die Fähigkeit, über die Treibscheiben hinweg, die sich infolge des Ausgleichgetriebes frei gegeneinander bewegen können, den Spannungszustand auch in der äußeren Seilschleife aufrechtzuerhalten.

Eine weitere sehr lehrreiche Verwendung dieses kinematischen Gebildes zeigt die deutsche Patentschrift 386 768 insofern, als hier die Aufgabe des bisherigen Förderseiles auf ein im wesentlichen die tote Last der Förderkörbe auf-

Abb. 10. Zweiseilaufhängung mit besonderem Tragseil und durch „Hintereinander-Schaltgetriebe" mit Spannrolle ausgeglichenem Zugseilantrieb.

Abb. 9. Durch Spannungsausgleicher ermöglichte Einschaltung der Spannscheibe in den Antrieb.

nehmendes Tragseil und ein besonderes die Nutzlast und die Widerstände übernehmendes Zugseil verteilt wird, Abb. 10; dabei wird die statisch bestimmte Kräfteverteilung auf beide Seile dadurch gewährleistet, daß das eigentliche Zugseil um einen Zweischeibenantrieb mit Spannungsausgleich geführt wird, dessen in die Seilschleife zwischen den beiden Treibscheiben eingeschaltete Umlenkrolle beweglich gelagert und unter die Einwirkung eines Vorspanngewichtes gesetzt ist. Das ist eine Ausführungsform des Gedankens, bei Förderanlagen die Last an zwei Seilen aufzuhängen. In dem Aufsatz „Mehrscheibenantriebe mit Parallelseilen" in „Fördertechnik und Frachtverkehr" Bd. 17 (1924) S. 297 u. f. sind noch anderweitige Lösungen der gleichen Aufgabe gegeben worden.

Abb. 11 und 12. Starrer Schrägbahnantrieb von der Talstation aus mit zwei Spannscheiben (Vesuvbahn).

Welche Rolle nun dieses kinematische Gebilde für die Anordnung eines Antriebes in der Talstation einer Bergbahn spielt, geht aus einem Vergleich mit dem bekanntesten Fall hervor, wo man in Abweichung von dem oben erwähnten Regelfall den Antrieb unten und damit in Überlagerung mit der Spannvorrichtung angeordnet hatte, nämlich der Vesuvbahn[1]). Hier war nach Abb. 11 und 12 der Antrieb a in der Talstation als starrer Mehrscheibenantrieb vorgesehen, während in der Bergstation die Umlenkrolle u angeordnet war. Nun waren in beide Seilstränge die Spannrollen s_1 und s_2 eingeschaltet, wie dies in Rücksicht auf beide Drehrichtungen erforderlich war; auch hier ist die Verwandtschaft mit der Anordnung nach Abb. 7 und 8 unverkennbar.

Damit trat aber folgende Erscheinung ein: War der beladene Wagen w_1 hochzuziehen, so mußte in dem rechten Seilstrang das Auftreten einer Kraft möglich sein, die der Summe der Vorspannung in dem linken Seilstrang zuzüglich der Last entsprach, mit andern Worten, die Spannrolle s_2 mußte erst durch Einholen des rechten Seilstranges durch den Antrieb a bis in ihr Hubende gewunden werden, ehe das erforderliche Anwachsen der Seilspannung über die durch das Gewicht bedingte Vorspannung möglich war. Mit Umkehr der Drehrichtung trat natürlich das Gleiche für die Spannrolle s_1 ein. Eine im Grundsatz gleiche Anordnung ist auch seinerzeit für die Bahn auf den Pao de Assucar in Rio de Janeiro[2]) verwendet und ferner für Verschiebeanlagen mit wechselnder Drehrichtung benutzt worden.

Die Unzulänglichkeit dieser Einrichtung beruht darauf, daß sie kinematisch einen überhaupt noch ungeschlossenen Mechanismus darstellt, der in sich verschieblich, d. h. labil ist. (Dabei entspricht bekanntlich der kinematischen Unbestimmtheit die statische Überbestimmtheit.) Es ist also gleichsam so, als ob in der Gesamtanlage bei der Bewegungsumkehr ein dem Wege von der Endstellung der einen Spannrolle bis zu der der andern Spannrolle entsprechendes freies Spiel bestände, das also einer Unbeherrschbarkeit des Antriebes entspricht. Ich habe schon einmal auf einen solchen Fall gelegentlich des oben erwähnten Aufsatzes „Mehrscheibenantriebe mit Parallelseilen" in „Fördertechnik und Frachtverkehr", nämlich den Aufzug am Spullerseewerk hingewiesen und möchte hier nur auf die lehrreichen Beziehungen aufmerksam machen, die sich aus den starren Mehrscheibenantrieben als übergeschlossenen Mechanismen, den Antrieben mit Spannungsausgleich als (einfach) geschlossenen und schließlich den eben erläuterten als ungeschlossenen Gebilden ergeben. Man erkennt gleichzeitig, wie ungemein fruchtbar es ist, solche Anlagen nach diesen Gesichtspunkten zu untersuchen.

[1]) Vergl. „Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften", Bd. 5/8 Lokomotivsteil- und Seilbahnen, bearbeitet von Abt, Leipzig 1906, S. 227 bis 229, und Strub, „Schweizer. Bauzeitung" Bd. 41 (1903) Nr. 16, 17, 19 und 20 und Bd. 42 (1903) Nr. 4.

[2]) Vergl. Z. Bd. 57 (1913) S. 927.

Auch der Gedanke, dieser Unsicherheit in der gegenseitigen Einstellung der beiden Spannrollen dadurch Herr zu werden, daß man jeweilig mit dem Anlassen der Antriebmaschine in der einen Drehrichtung die betreffende Spannrolle durch eine gesondert einzurückende Verriegelung festlegt, ist unzulänglich. Diese schon im Bau und Betrieb umständliche Einrichtung hat nämlich noch den Mangel, daß sich infolge der durch die verschiedene Belastung eintretenden und sich im Betrieb herausbildenden Seildehnungen die Stellungen der einzelnen Rollen dauernd verändern. Zweifellos ist wohl die gegen die Anordnung des Antriebes in der Talstation in der Praxis bewußt oder unbewußt bestehende Abneigung mit auf diese durch die eben beschriebene Anordnung bedingten Unzuträglichkeiten zurückzuführen.

Nun ist, wie Abb. 13 erkennen läßt, die gemeinsame Anordnung des Zugseil-Spanngewichtes und des Antriebes in der Talstation auf Grund der oben behandelten echten oder inneren Vereinheitlichung ohne weiteres möglich. Dabei liegt hier die Spannrolle bei einem Zweischeibenantrieb völlig symmetrisch, d. h. sie äußert ihre Wirkung im gleichen Sinn unabhängig von der jeweiligen Drehrichtung des Antriebes. Die Anordnung ist also bezüglich aller im Betrieb auftretenden Spannungszustände und Abmessungsunterschiede statisch und kinematisch bestimmt und damit auch dauernd beherrschbar (stabil). Dies spielt nicht nur für den Regelantrieb eine wichtige Rolle, sondern weist auch noch einen Vorzug für den Fall auf, daß man einen zweiten Antrieb für das Hilfs- oder Bremsseil vorsieht, auf das der Wagen beim Bruch des eigentlichen Zugseiles umgekuppelt wird; dies geschieht nach der Ausführung von Zeretti & Tanfani z. B. bei der Vigiljochbahn selbsttätig, während bei der Bauart Bleichert, die auch für die Zugspitzenbahn[3]) vorgesehen ist, das Umkuppeln von Hand vorgenommen wird. Dieser Antrieb bleibt also im Regelfall stehen, um nur im Notfalle zum Einholen der Fahrzellen benutzt zu werden. Wird hier der Planetenradträger abgebremst, so bleibt damit das freie Spiel der Vorspannrolle auch bezüglich der äußeren Schleife des Bremsseiles ungehindert, während aber mit Ankupplung der Last an einen der Stränge des Brems-

[3]) Z. Bd. 69 (1925) S. 763.

Abb. 14. Zweischeibenantrieb mit Spannungsausgleicher und Spannrolle (Teigitschwerk).

seiles das nunmehr auf den Antrieb ausgeübte Drehmoment auf die Bremse abgestützt wird. Selbst der festgebremste Antrieb stellt also keine Sperre für die Spannscheibe dar.

Die Wirkung der Spannrolle spielt sich dabei, wie folgt, ab: Entsteht an irgend einer Stelle der Strecke, z. B. durch Mehrbelastung eine Durchhangvergrößerung, die einer Seilverkürzung im übrigen entspricht, so wird der hierzu erforderliche Seilnachlaß von beiden Seiten eingeholt, d. h. unmittelbar von unten her aus dem einen Seilstrang und auch unter Vermittlung der oberen Umlenkrolle aus dem andern Seilstrang. Die Spannrolle bewegt sich dabei auf die Treibscheiben zu, während diese sich entgegengesetzt zueinander drehen.

Ist nach der Lage der betreffenden Stelle bedingt, daß das Einholen des Nachlasses über die obere Umlenkrolle größere Widerstände mit sich bringt als unmittelbar von unten her, so wird unter Inanspruchnahme des Planetenrades als Wendegetriebe von der einen Treibscheibe her ein entsprechendes Drehmoment an die andre Treibscheibe so übertragen, daß das Seileinholen oder -nachlassen sich nach wie vor gleichmäßig abspielt. Dieser Vorgang bleibt gleich für die Ruhelage und für den Betrieb — wobei das Bremsen als negativer Antrieb zu betrachten ist —, indem sich dieser Ausgleichvorgang zwanglos mit der Antriebbewegung überlagert und algebraisch summiert. Damit wird auch das Fahren mit höherer Geschwindigkeit weder durch Flaschenzugspannungen innerhalb des Antriebes noch durch mangelhafte Wirkung der Spannrolle beeinträchtigt.

Diese Anordnung war bereits für einen Fall geplant worden, nämlich für den Schrägaufzug an der Teigitsch-Talsperre in der Nähe von Graz in Steiermark, Abb. 14. Hier ist aber vorläufig während des Baues aus anderweitigen Gründen die Anordnung des Antriebes oben durchgeführt worden, während nach Vollendung des Baues der Wasserkraftanlage der Antrieb nach unten verlegt werden soll. Übrigens soll dabei die Anlage auch für den Touristenverkehr ausgebaut werden. Den Hauptanwendungsfall dieser Anordnung bildet jedoch die im Bau begriffene Zugspitzenbahn. Hier fand nämlich die durch die ganzen Verhältnisse bedingte Unmöglichkeit, den Antrieb oben anzuordnen, ihre befriedigende Lösung durch dieses neue kinematische Gebilde der in einen Spannungsausgleicherantrieb eingeschalteten Spannrolle.

[B 383]

Das Lichtbild im technisch-wissenschaftlichen Vortrag.

Wenn beim technisch-wissenschaftlichen Vortrag der Vortragende seine Ausführungen durch Lichtbilder unterstützt und ergänzt, so müssen diese Lichtbilder in der Sprache des Ingenieurs dargestellt werden, damit sie als Lehrmittel wirken[1]). Zu berücksichtigen ist dabei, daß die vorgeführten Bilder in der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit vollkommen erfaßt werden.

Jedes Lichtbild muß daher einen bestimmten Gedanken in klarer, leicht verständlicher Form bringen und folgerichtig entwickelt sein. Die Darstellung sei möglichst schematisch, wobei jede überflüssige Linie fortfallen muß; die Erläuterungen innerhalb der Zeichnung müssen kurz, aber klar und möglichst erschöpfend sein. Wird die Darstellung nicht sofort in allen Teilen verstanden, so denken die Hörer über unverstandene Teile nach, wodurch die Aufmerksamkeit vom Vortrag abgelenkt wird. Die Technisch-Wissenschaftliche Lehrmittelzentrale hat in ihren Leitsätzen für TWL-Lichtbilder Richtlinien[2]) aufgestellt, nach denen vorbildliche Lichtbilder herzustellen sind. Abb. 1 und 2 zeigen solche mustergültigen Ausführungen, die durch farbige Hervorhebung einzelner Teile noch an Klarheit gewinnen. [M 1124] Gw.

[1]) Vergl. Z. Bd. 65 (1922) S. 1 und Bd. 67 (1923) S. 1105.

[2]) Die Leitsätze (4. erw. Aufl.) sind im Karteiblatt TWL 1143 zusammengestellt, das durch die Technisch-Wissenschaftliche Lehrmittelzentrale, Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40 zu beziehen ist.

Abb. 1 und 2. Zweckmäßig bearbeitete Lichtbilder für Vorträge.

Ermittlung der Schwingungen im Wasserschloß.

Von Beratendem Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Leiner, Privatdozent a. d. Techn. Hochschule München, Stolp-Ritzow.

Für die Presselsche Annäherungsrechnung zur Ermittlung der Spiegelschwingungen im Wasserschloß und ihrer Periode wird ein einfaches zeichnerisches Verfahren entwickelt, das die Benutzung großer Maßstäbe bei kleinem Raumbedarf gestattet. Durch Anpassung an die tatsächlichen Verhältnisse der Schwingung erfolgt dann die Umgestaltung zu einem Verfahren von großer Genauigkeit, das für die Praxis zuverlässige Werte für Höhenschwankung und Schwingungsperiode liefert. Durch Gegenüberstellung der Periode und der Regler-Schlußzeit lassen sich „stehende Schwingungen" im Wasserschloß vermeiden.

Grundlegende Gleichungen.

Für das Wasserschloß in Abb. 1 bedeute:

- l Länge des Stollens in m,
- f Querschnitt des Stollens in m^2,
- v Geschwindigkeit des Wassers im Stollen in m/s,
- $q = f v$ durchfließende Wassermenge in m^3/s,
- h Reibungshöhe, d. i. Druckhöhenverlust im Stollen bei einer Wassergeschwindigkeit v in m/s,
- v_0, q_0 und h_0 die entsprechenden Werte im Beharrungszustande vor Änderung der Wasserentnahme,
- k Reibungsfaktor gemäß Gleichung $h = k v^2$ in s^2/m,
- F Querschnitt des Wasserschlosses in m^2 an der Stelle der Spiegelschwankung im Zeitpunkt der Untersuchung,
- $g = 9{,}81\ m/s^2$ die Erdbeschleunigung,
- z jeweilige Entfernung des Spiegels im Wasserschloß von der hydrostatischen Nullage in m, abwärts positiv, aufwärts negativ gezählt,
- c Beiwert der Gleichung $v = c\sqrt{RJ}$,
- R hydraulischer Halbmesser des Stollens,
- J Spiegelgefälle bzw. Piezometergefälle.

Die Wasserentnahme q_0 des Beharrungszustandes werde plötzlich auf q umgestellt. Nach einer Zeit t ist die Geschwindigkeit im Stollen v und die Spiegelhöhe im Wasserschloß gegenüber der hydrostatischen Nullage z. Während des unendlich kleinen Zeitraumes dt besteht die Bedingung des Wasserhaushaltes

$$q\,dt = v f\,dt + F\,dz \quad \ldots \ldots (1).$$

Solange v nicht der Entnahme q entspricht, muß Beschleunigung oder Verzögerung im Stollen eintreten. Die Wassermasse m im Stollen habe das Gewicht G.

Beim spezifischen Wassergewicht γ ist

$$m = \frac{G}{g} = \frac{f l \gamma}{g} \quad \ldots \ldots (2).$$

Wegen der geringen Geschwindigkeit im Wasserschloß kann die dort nötige Änderung des Bewegungsvorganges vernachlässigt werden. Die beschleunigende oder verzögernde Kraft ist der gegenüber der jeweiligen Reibungshöhe vorhandene Unter- oder Überdruck $z - h$. (Man kann sich ihn durch einen im Wasserschloß positiv oder negativ wirkenden Kolben erzeugt denken.)

Die Beschleunigung ist

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Masse}} = \frac{f(z-h)\gamma}{m} = \frac{f(z-h)\gamma g}{f l \gamma} = \frac{(z-h)g}{l} \quad (3).$$

Die Gleichungen (1) und (3) sind die Grundlage aller Untersuchungen der Spiegelschwankungen[1]). Ihre allgemeine Integration ist nicht möglich; man versuchte die Lösung daher auf Umwegen oder durch vereinfachende Annahmen[2]).

Praktisch wertvoll ist die Vereinfachung von Pressel[3]), der an Stelle der Differentiale endliche Kleinwerte setzte und dann näherungsweise Schritt für Schritt die Spiegelschwankung untersuchte. Zeichnerische Ausführung dieser Rechnungen gaben Tillmann[4]) und Schoklitsch[5]) an. Auch in vorliegender Arbeit bildet die Presselsche Vereinfachung den Ausgangspunkt, wobei im Hinblick auf die praktische Anwendung **große Maßstäbe bei geringem Raumbedarf** angestrebt wurden.

[1]) Vergl. F. Prasil, Schweiz. Bauzeitung Bd. 52 (1908) S. 271, 301, 317, 333.
[2]) Vergl. Braun, Zeitschr. f. d. ges. Turbinenwesen Bd. 17 (1920) S. 145 u. f.
[3]) Vergl. Pressel, Schweiz. Bauzeitung Bd. 53 (1909) S. 57, 210.
[4]) Vergl. R. Tillmann, „Die Wasserkraft" Bd. 16 (1921).
[5]) Vergl. A. Schoklitsch, Schweiz. Bauzeitung Bd. 81 (1923) S. 129 u. f.

Zeichnerisches Verfahren zur Ausführung der Presselschen Annäherungsrechnung.

Gl. (1) wird in endlicher Form geschrieben, nämlich

$$q\,\Delta t = v f\,\Delta t + F\,\Delta z \quad \ldots \ldots (4),$$

oder

$$\Delta z = \frac{q}{F}\Delta t - \frac{v f}{F}\Delta t \quad \ldots \ldots (5)$$

Mit den Abkürzungen

$$\frac{q}{F}\Delta t = C_1 \ [\text{m}] \quad \ldots \ldots (6)$$

und

$$\frac{f}{F}\Delta t = C_2 \ [\text{s}] \quad \ldots \ldots (7)$$

ist

$$\Delta z = C_1 - C_2 v \quad \ldots \ldots (8).$$

Ähnlich wird Gl. (3) in der Form geschrieben:

$$\Delta v = \frac{g}{l}\Delta t (z - h) \quad \ldots \ldots (9),$$

oder mit

$$\frac{g}{l}\Delta t = C_3 \ [s^{-1}] \quad \ldots \ldots (10)$$

ist

$$\Delta v = C_3 (z - h) \quad \ldots \ldots (11).$$

C_1, C_2 und C_3 sind, wenn mit gleich großen Zeitabschnitten Δt und vorerst mit unveränderlichem Querschnitt F gerechnet wird, Festwerte; Gl. (8) und (11) lassen sich also durch gerade Linien darstellen. Der einer Geschwindigkeit v entsprechende Druckhöhenverlust h entsteht durch Erzeugung der Geschwindigkeit, durch den Eintrittswiderstand und durch den Reibungsverlust im Stollen. Man darf hiernach setzen

$$h = \frac{v^2}{2g} + \frac{0{,}1\, v^2}{2g} + \frac{l v^2}{c^2 R} \quad \ldots \ldots (12).$$

Das zweite Glied ist für gut abgerundeten Einlauf gedacht[6]). Also wird

$$h = \left(\frac{1{,}1}{2g} + \frac{l}{c^2 R}\right) v^2 \quad \ldots \ldots (13),$$

oder mit

$$\frac{1{,}1}{2g} + \frac{l}{c^2 R} = C_4 \left[\frac{s^2}{m}\right] \quad \ldots \ldots (14)$$

$$h = C_4 v^2 \quad \ldots \ldots (15).$$

h ist ebenso wie z veränderlich. Man verfolgt die Werte Δz und Δv von Zeitabschnitt zu Zeitabschnitt. Für den Zeitabschnitt Δt_n wird, wenn man den Zeitzeiger n den Gleichungen (8), (11) und (15) beifügt und ferner beachtet, daß Δz_n auf Grund des als Festwert gedachten v_n, Δv_n aber auf Grund des als Festwert gedachten $z_n + \Delta z_n = z_{n+1}$ zu ermitteln ist (das ist die Voraussetzung der Näherungsrechnung):

$$\Delta z_n = C_1 - C_2 v_n \quad \ldots \ldots (16),$$

$$\Delta v_n = C_3 (z_{n+1} - h_n) \quad \ldots \ldots (17),$$

$$h_n = C_4 v_n^2 \quad \ldots \ldots (18).$$

Gl. (17) kann man entsprechend schreiben:

$$\Delta v_{n-1} = C_3 (z_n - h_{n-1}) \quad \ldots \ldots (19).$$

[6]) Vergl. Forchheimer, Grundriß der Hydraulik S. 40.

Abb. 1. Schematische Darstellung der Verhältnisse in einem Wasserschloß.

Abb. 2. Grundlinien des zeichnerischen Verfahrens.

Aus Gl. (17) und (19) ergibt sich

$$\Delta v_n - \Delta v_{n-1} = C_3 (z_{n+1} - h_n - z_n + h_{n-1}) \cdot \quad (20)$$

und mit $z_{n+1} - z_n = \Delta z_n$

$$\Delta v_n = \Delta v_{n-1} + C_3 \Delta z_n + C_3 C_4 v^2_{n-1} - C_3 C_4 v_n^2 \quad . (21)$$

Das Vorzeichen von Δz ist durch die Rechnung zwangläufig bestimmt; dasjenige von $(v^2_{n-1} - v_n^2)$ müßte bei rechnerischer Behandlung entgegengesetzt demjenigen von Δv_n willkürlich eingesetzt werden, weil die Reibung im Stollen stets der Richtung von v und damit auch von Δv entgegengesetzt ist. Zahlentafel 1 zeigt die Vorzeichenbeziehungen.

Das nachstehende zeichnerische Verfahren löst die Vorzeichenfrage ohne weiteres. Abb. 2 zeigt die Grundlinien der Konstruktion: ein doppeltes Koordinatensystem, dessen Nullpunkte O_1 und O_2 voneinander um eine Länge entsprechend dem Werte C_1 entfernt sind. Durch O_1 geht eine C_2-Linie (Abszissen $C_2 v$, Ordinaten v) und durch O_2 eine C_3-Linie (Abszissen Δz, Ordinaten $C_3 \cdot \Delta z$). Durch O_1 als Scheitel führen zwei Äste einer Parabel, die zu den Ordinaten $\pm v$ die Werte $C_3 C_4 v^2$ gleichfalls als Ordinaten angeben. Aus dieser $C_3 C_4 v^2$-Linie (Reibungsparabel) wird durch Abtragen der Ordinaten der C_3-Linie eine zweite Kurve, die „Verschobene C_3-Linie" entwickelt.

Die Ermittlung von Δz und Δv soll der Übersichtlichkeit halber an einer Aufgabe der Praxis dargelegt werden. Es sei mit Bezug auf die eingangs gebrachten Bezeichnungen: $l = 950$ m, $f = 12$ m², $v_0 = 3$ m/s, $F = 300$ m², $c = 80$, $R = 0{,}9$, $g = 9{,}81$ m/s². Im Vollbetriebe trete eine plötzliche vollkommene Abstellung der Turbinen auf, d. h. es sei $q = 0$. Δt werde zu 10 s gewählt.

Man berechnet zuerst die Festwerte, wobei auf richtige Benennung zu achten ist:

Nach Gl. (6) ist

$$C_1 = \frac{q}{F} \Delta t = \frac{0}{300} \cdot 10 = 0,$$

nach Gl. (7) ist

$$C_2 = \frac{f}{F} \Delta t = \frac{12}{300} \cdot 10 = 0{,}4 \, [\mathrm{s}],$$

nach Gl. (10) ist

$$C_3 = \frac{g}{l} \Delta t = \frac{9{,}81}{950} \cdot 10 = 0{,}1032 \, [\mathrm{s}^{-1}],$$

Zahlentafel 1. Vorzeichen der Rechnungswerte.

Zustand	Spiegelbewegung	Δv_n	Δv_{n-1}	$C_3 \Delta z_n$	$C_3 C_4 (v^2_{n-1} - v_n^2)$
Entlastung	I. Steigen	—	—	—	+
	II. Fallen	—	—	+	+
	III. Fallen	+	+	+	—
	IV. Steigen	+	+	—	—
	V. Steigen	—	—	—	+
	usw.	...	...	...	...
Belastung	I. Fallen	+	+	+	—
	II. Steigen	+	+	—	—
	III. Steigen	—	—	—	+
	IV. Fallen	—	—	+	+
	V. Fallen	+	+	+	—
	usw.	...	...	...	...

nach Gl. (14) ist

$$C_4 = \frac{1{,}1}{2\,g} + \frac{l}{c^2 R} = \frac{1{,}1}{2 \cdot 9{,}81} + \frac{950}{80^2 \cdot 0{,}9} = 0{,}2211 \left[\frac{\mathrm{s}^2}{\mathrm{m}}\right].$$

Weil $C_1 = 0$ ist, fallen in Abb. 2 die Koordinatenpunkte O_1 und O_2 in einen gemeinsamen Punkt O zusammen. Man macht die Zeichnung am einfachsten nach Berechnung einiger auf v_0 bezogenen Größen laut schemat. Abb. 3. Zuerst sind die Maßstäbe zu wählen, beispielsweise

1 m = 20 cm, 1 s = 1 (Zahl), also 1 m/s = 20 cm.

Nun wird berechnet:

$$v_0 = 3 \cdot 20 = 60 \text{ cm}, \qquad C_2 = 0{,}4 \text{ (Zahl)},$$

$$C_3 = 0{,}1032 \text{ (Zahl)}, \qquad C_4 = \frac{0{,}2211}{20} \text{ cm},$$

$$C_2 v_0 = 0{,}4 \cdot 3 \cdot 20 \text{ cm} = 24 \text{ cm},$$

$$C_3 C_2 v_0 = 0{,}1032 \cdot 24 \text{ cm} = 2{,}48 \text{ cm},$$

$$C_3 C_4 v_0^2 = 0{,}1032 \cdot 0{,}2211 \cdot 3^2 \cdot 20 \text{ cm} = 4{,}106 \text{ cm}.$$

Diese Größen werden in Abb. 4 aufgetragen, doch kann auf Darstellung der großen Strecke v_0 verzichtet werden[1]. Durch O als Scheitel und den durch $C_3 C_4 v_0^2$ bezeichneten Punkt o wird eine Parabel in üblicher Weise gelegt. Durch Abstechen einiger Ordinaten der C_3-Linie von der Reibungsparabel wird die „verschobene C_3-Linie" gefunden.

In der so vorbereiteten Abbildung 4 werden die Größen Δz und Δv gemäß Gl. (16) und (21) folgendermaßen gefunden: Punkt p_{n-1} sei ermittelt worden. Man zieht durch Punkt p_{n-1} eine Parallele zur C_2-Linie bis zum Schnitt a_n mit der Wagerechten durch den bekannten Fußpunkt b_{n-1}, zieht durch a_n eine Senkrechte, durch deren Schnittpunkt b_n mit der Reibungsparabel eine Wagerechte bis zum Schnittpunkt c_{n-1}, greift mit dem Zirkel die Strecke $\overline{p_{n-1} c_{n-1}}$ ab und trägt sie als Strecke $\overline{d_n p_n}$ von der verschobenen C_3-Linie aus ab. p_n ist der gesuchte neue Punkt, $\overline{b_n p_n}$ der gesuchte Geschwindigkeitszusatz Δv_n und $\overline{O b_n}$ der gesuchte Spiegelhöhenzuwachs Δz_n. Man beachte, daß der Schnitt des Parallelstrahles mit der Parabel ohne jede Bedeutung ist.

[1] Im Druck wurde die Urzeichnung auf ½ linear verkleinert, so daß Abb. 4 dem Maßstab 1 m = 10 cm entspricht

Abb. 3.

Abb. 5.

Abb. 6.

Der Beweis, daß die angegebene an Abb. 4 erläuterte Konstruktionsregel den Gleichungen (16) und (21) entspricht, soll an Hand von Abb. 5 erbracht werden. Sie zeigt das Schema von Abb. 4 ohne die verschobene C_3-Linie. Zwischen Abszissenachse und C_2-Linie sei eine Geschwindigkeit $+ v_{n-1}$ als $\overline{b'_{n-1} m_{n-1}}$ eingetragen. Die Geschwindigkeitsänderung $- \Delta v_{n-1}$ sei in irgendeiner Weise ermittelt und, da negativ, auf der Strecke v_{n-1} als $\overline{b'_{n-1} p'_{n-1}}$ abgetragen. Ein zur C_2-Linie durch p'_{n-1} gezogener Parallelstrahl schneidet in b'_n die Abszissenachse. Die Senkrechte $\overline{b'_n m_n}$ ist dann die neue Geschwindigkeit v_n, denn es ist

$$\overline{b'_n\, m_n} = \overline{p'_{n-1} m_{n-1}} = v_{n-1} - \Delta\, v_{n-1} = v_n \,.$$

Die Größen v werden nicht gebraucht, wohl aber ihre Markpunkte b auf der Ordinatenachse. Zu ihrer Bestimmung genügen daher Parallelstrahlen zur C_2-Linie von den Punkten p' aus.

Nach Begriff und Zeichnung der C_2-Linie ist $\overline{Ob'_n} = - C_2\, v_n$ oder nach Gl. (16), mit $C_1 = 0$, $\overline{Ob_n'} = - \Delta\, z_n$. Die Punkte b' geben also Meßpunkte für die Änderung der Spiegelhöhen $\Delta\, z$, wobei vom Nullpunkt O aus gemessen wird, und zwar nach links negativ, nach rechts positiv. Trägt man die in beliebiger Weise ermittelte Geschwindigkeitsänderung $- \Delta\, v_{n-1} = \overline{b'_{n-1} p'_{n-1}}$ vom Punkte d'_n nach Verminderung um das Stück $\overline{b_{n-1} c_{n-1}}$ vom Punkte d'_n bis p'_n auf, so ist die Strecke

$$\overline{b'_n p'_n} = - \Delta\, v_{n-1} + C_3\, C_4\, v^2_{n-1} - C_3\, C_4\, v_n^{\,2} - C_3\, \Delta\, z_n = \Delta\, v_n$$

nach Gl. (21).

Zur Vereinfachung der Zeichnung kann man die Geschwindigkeitsänderung $\Delta\, v$ auch von der Reibungsparabel statt von der Abszissenachse aus zählen. Das ist bei Abb. 4 der Fall, die sich dazu der verschobenen C_3-Linie bedient und durch Wagerechte in den Punkten b die richtige Schnittentfernung $\overline{b_{n-1} a_n}$ festlegt; diese ist gleich $\overline{b'_{n-1} b'_n}$ in Abb. 5.

Abb. 4 und die dazu oben gegebene Konstruktionsregel entsprechen also den Gl. (16) und (21), was zu beweisen war.

Für den Beginn der Zeichnung wird für die ersten $\Delta\, t$ Sekunden gemäß Gl. (16), da entsprechend der Presselschen Näherungsannahme $v_1 = v_0$ gesetzt wird,

$$\Delta\, z_1 = - C_2\, v_1 = - C_2\, v_0 \,.$$

Da ferner $\Delta\, v_0 = 0$ und $v_0^{\,2} = v_1^{\,2}$ ist, so wird gemäß Gl. (21)

$$\Delta\, v_1 = C_3\, \Delta\, z_1 \,.$$

Bei Untersuchung mehrerer Perioden der Schwingung, wie in Abb. 4, ist dort, wo das Vorzeichen von $\Delta\, v$ wechselt, zu beachten, daß die Abtragung der den Wechsel herbeiführenden Strecke nach der gleichen Seite wie bisher erfolgt. Hinter dem Wechsel ist nach der neuen, durch das Vorzeichen gegebenen Seite abzutragen. Fällt der abzustechende Punkt auf die Reibungsparabel, d. h. wird $\Delta\, v$ gerade gleich null, so liegt der nächst abzustechende Punkt senkrecht dazu auf der verschobenen C_3-Linie. Die normale Konstruktion ergibt das (Absteckung gleich null!).

Als weiteres Beispiel zeigt Abb. 7 für das gleiche Wasserschloß, Abb. 4, den Verlauf von $\Delta\, z$ und $\Delta\, v$, wenn die Turbinenleitungen nach völligem Schluß plötzlich bis zum Wasserverbrauch $q = 36\ \text{m}^3$ geöffnet werden. Während die Festwerte im übrigen die gleichen wie vorhin sind, ergibt sich hier

$$C_1 = \frac{q}{F}\, \Delta\, t = \frac{36}{300} \cdot 10 = 1{,}2\ \text{m}$$

oder maßstäblich

$$C_1 = 1{,}2 \cdot 20 = 24\ \text{cm}^{1)}.$$

Von dem Schema der Abb. 2 wird also der links liegende Teil gebraucht mit der Entfernung $C_1 = O_1 O_2 = 24$ cm. Abb. 6 zeigt das Schema für diesen Sonderfall. Man berechnet zwecks Ziehens der C_3-Linie.

$$\overline{O_1 O_1'} = C_1\, C_3 = 0{,}1032 \cdot 24\ \text{cm} = 2{,}48\ \text{cm (Abb. 6)}.$$

Zur Zeichnung der $C_3\, C_4\, v^2$-Linie (Reibungsparabel) ist zu erinnern, daß jede negative Ordinate der C_2-Linie

[1]) In Abb. 7 = 12 cm.

Abb. 4. Beispiel: Vollkommene Abstellung der Turbinen im Vollbetrieb. M. 1 m = 10 cm.

den Wert $+v$ darstellt (vergl. Abb. 5), d. h. zu einer von O_1 gemessenen Abszisse $-x$ gehört die Geschwindigkeit

$$+v_x = \frac{-x}{-C_2},$$

für diese Abszisse $-x$ ist also die Ordinate der Parabel

$$C_3\,C_4\,v_x^2 = \frac{C_3\,C_4\,x^2}{C_2^2}$$

(vergl. Abb. 6). Im Rechenbeispiel wird mit Beachtung des Maßstabes für $x = -36$ cm

$$C_3\,C_4\,v^2 = 0{,}1032 \cdot \frac{0{,}221}{20\text{ cm}} \cdot \frac{(-36\text{ cm})^2}{(-0{,}4)^2} = 9{,}26\text{ cm}.$$

Für den so bestimmten Parabelpunkt und den Scheitel O_1 wird die Parabel gezeichnet. Die Ermittlung der Größen Δz und Δv erfolgt dann nach der obigen allgemeinen Regel (vergl. Abb. 7).

Abb. 7. Beispiel: Öffnung der Turbinen nach völligem Schluß. M. 1 m = 10 cm.

Genaues zeichnerisches Verfahren.

Das Presselsche Rechnungsverfahren und seine zeichnerische Ausführung beruhen auf der nicht zutreffenden Annahme konstanter Verhältnisse während der Rechnungszeiteinheit Δt. Es wurde in Gl. (16) gesetzt

$$\Delta z_n = C_1 - C_2\,v_n \quad \ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

Abb. 8. Anwendung des genaueren zeichnerischen Verfahrens.

mit v_n als Festwert während Δt; v_n ändert sich aber während Δt in $v_n + \Delta v_n$, ist im Mittel also mit guter Annäherung

$$\frac{v_n + v_n + \Delta v_n}{2} = v_n + \frac{\Delta v_n}{2} \quad \ldots\ldots (23).$$

Gl. (16) bzw. (22) lauten demnach richtiger

$$\Delta z_n = C_1 - C_2 \left(v_n + \frac{\Delta v_n}{2} \right). \quad \ldots\ldots (24).$$

Weiter wurden in Gl. (17), also in

$$\Delta v_n = C_3 \left(z_{n+1} - h_n \right) \quad \ldots\ldots (25),$$

z_{n+1} und h_n während Δt konstant gesetzt. z_{n+1} ist aber erst am Ende von Δt_n vorhanden, anfänglich ist der Wert z_n, und h_n geht während Δt in $h_n + \Delta h_n$ über. Da

$$z_n + \Delta z_n = z_{n+1} \quad \ldots\ldots\ldots (26)$$

und

$$h_n + \Delta h_n = h_{n+1} \quad \ldots\ldots\ldots (27)$$

ist, so wird

$$\frac{z_n + \Delta z_n + z_n}{2} = z_n + \frac{\Delta z_n}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (28)$$

und

$$\frac{h_n + h_n + \Delta h_n}{2} = \frac{h_n + h_{n+1}}{2} \quad \ldots\ldots (29).$$

Gl. (17) bzw. (25) lauten also richtiger

$$\Delta v_n = C_3 \left(z_n + \frac{\Delta z_n}{2} - \frac{h_n + h_{n+1}}{2} \right) \quad \ldots\ldots (30).$$

Analog ist:

$$\Delta v_{n-1} = C_3 \left(z_{n-1} + \frac{\Delta z_{n-1}}{2} - \frac{h_{n-1} + h_n}{2} \right) \quad (31).$$

Gl. (31) von Gl. (30) abgezogen ergibt:

$$\Delta v_n - \Delta v_{n-1} = C_3 \left(z_n - z_{n-1} + \frac{\Delta z_n}{2} - \frac{\Delta z_{n-1}}{2} - \frac{h_n}{2} - \frac{h_{n+1}}{2} + \frac{h_{n-1}}{2} + \frac{h_n}{2} \right) \quad . . (32),$$

$$\Delta v_n = \Delta v_{n-1} + C_3 \frac{\Delta z_{n-1} + \Delta z_n}{2} - C_3 \frac{h_{n+1} - h_{n-1}}{2} \quad (33),$$

$$\Delta v_n = \Delta v_{n-1} + C_3 \frac{\Delta z_{n-1} + \Delta z_n}{2} + \frac{C_3 C_4 v^2_{n-1} - C_3 C_4 v^2_{n+1}}{2} \quad . . (34).$$

Aus Gl. (34) ergibt sich folgender, dem Annäherungsverfahren nachgebildeter Arbeitsweg (vergl. Abb. 8): Punkt p_{n-1} sei ermittelt. Man zeichnet als erste Schätzung Punkt p_n nach dem vorhin dargelegten Annäherungsverfahren, zieht von dort einen Schrägstrahl parallel der C_2-Linie bis zum Fußpunkt a_{n+1} und hier eine Senkrechte über b_{n+1}. Der Halbierungspunkt e der Sehne $b_{n+1} b_{n-1}$ wird als Punkt c'_{n-1} auf die Senkrechte $b_{n-1} p_{n-1}$ herübergewogen. Die Strecke $\overline{c'_{n-1}\, p_{n-1}}$ ist nun die verbesserte Abtragstrecke; sie wird mit dem Zirkel gegriffen und vom Punkt d''_n der „verschobenen C_3-Linie" senkrecht abgetragen. Diese Abtragung erfolgt aber nicht auf der n-Senkrechten, sondern in der Mitte zwischen einer durch die Sehnenmitte gelegten Senkrechten und der durch a_n führenden n-Senkrechten. Der so gefundene Punkt p''_n wird parallel zur Reibungsparabel auf die n-Senkrechte als p_n verschoben. Δz_n wird von O_2 bzw. O bis zur Mitte zwischen der n- und $n+1$-Senkrechten gemessen.

Die erste Fehlannahme von p_n ist so gering, daß das Verfahren nicht wiederholt zu werden braucht. Noch besser wird allerdings bei der Ausführung der Näherungskonstruktion eine empirische Berichtigung schätzungsweise angewandt. In Abb. 8 unten wurde beispielsweise aus dem ersten Intervall i der Reibungsparabel ein solches Berichtigungsschema verzeichnet. Der Abstand der gestrichelten Linie von der Wagerechten zeigt an, wieviel höher oder tiefer die Abtragungsstrecke $\overline{c_{n-1}\, p_{n-1}}$ von Abb. 4 von d_n abzusetzen ist. Ein solches empirisches Schätzen liefert so genaue Ergebnisse, daß es kaum der genauen Nachprüfung bedarf.

$\Delta z_1'$ $\Delta z_2'$ .... $\Delta z'_{m-2}$ $\Delta z'_{m-1}$ O_2 $\Delta z'_m$

Abb. 9.

Beweis für die Richtigkeit des Verfahrens: Das Stück $\overline{b_{n-1} c'_{n-1}}$ entspricht laut Konstruktion (durch Sehnenmitte e) genau dem letzten Gliede der Gl. (34), und die Abtragung von der verschobenen C_3-Linie in der Mitte zwischen der e- und der n-Senkrechten entspricht dem vorletzten Gliede der Gl. (34), da Δz_n nach Voraussetzung bei Ableitung der Gl. (34) in der Mitte zwischen der $(n+1)$- und der n-Senkrechten und ebenso Δz_{n-1} in der Mitte zwischen der n- und der $(n-1)$-Senkrechten liegt. Die Konstruktion entspricht also der Gl. (34), was zu beweisen war.

Für den ersten Zeitabschnitt Δt_1 wird Gl. (34) zu

$$\Delta v_1 = 0 + C_3 \frac{\Delta z_0 + \Delta z_1}{2} + \frac{C_3 C_4 v_0^2 - C_3 C_4 v_2^2}{2} \quad (35),$$

$$\Delta v_1 = C_3 \frac{\Delta z_1}{2} + \frac{C_3 C_4 v_0^2 - C_3 C_4 v_2^2}{2} \quad . . . (36),$$

$$v_0 = v_1.$$

Man findet den Punkt p_1 also durch Absetzen einer Strecke $g = C_3 \frac{\Delta z_1}{2}$ auf der ersten Senkrechten von einem $\frac{i}{2}$ über dem Punkt b_1 liegenden Punkt. i ist der Höhenunterschied der Punkte b_2 und b_1 (die Punkte b_1 und b_2 sind in Abb. 8 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht eingeschrieben). Da Δz_1 von O bis zur Mitte zwischen der ersten und zweiten Senkrechten zu messen ist, so ist g bei der Hälfte dieser Strecke abzugreifen, was durch mehrfaches Probieren leicht gelingt.

Die gesamte Spiegelschwankung gegenüber der hydrostatischen Wagerechten wird also

$$Z = \sum \Delta z \pm h_0 \quad \ldots\ldots\ldots (37).$$

Wenn $\Delta z_n'$ das Maß zwischen O_2 und der n-Senkrechten bedeutet, ist

$$\Delta z_n = \frac{\Delta z_n + \Delta z'_{n+1}}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (38).$$

Die Arbeit der Halbierung der Strecken läßt sich durch folgende Überlegung sparen (vergl. Abb. 9): Es ist ohne Berücksichtigung des Vorzeichens von Z

$$Z = \frac{\Delta z_1' + \Delta z_2'}{2} + \frac{\Delta z'_2 + \Delta z'_3}{2} + \cdots + \frac{\Delta z'_{m-2} + \Delta z'_{m-1}}{2} + \left[\Delta z'_{m-1} - \frac{\Delta z'_{m-1} + \Delta z'_m}{2} \right] \pm h_0 \quad . . (39),$$

$$Z = \frac{\Delta z_1'}{2} + \Delta z_2' + \Delta z_3' + \cdots + \frac{\Delta z'_{m-1}}{2} + \frac{\Delta z'_{m-1} - \Delta z'_m}{2} \pm h_0 \quad . . (40)$$

($\Delta z'_m$ ist ohne Rücksicht auf das Vorzeichen einzusetzen). Das Glied $\frac{\Delta z'_{m-1} - \Delta z'_m}{2}$ gilt nur, solange es positiv ist, andernfalls fällt es fort. Durch Auftragen der Schwankungskurve für den letzten Teil, wo der Wechsel der Richtung eintritt, kann das rein rechnerische Ergebnis noch etwas berichtigt werden. Es handelt sich jedoch hier nur um sehr kleine Größen.

Bei wechselndem Querschnitt des Wasserschlosses ist C_2 veränderlich. Am einfachsten trägt man zu verschiedenen Werten z (Ordinaten) die Flächen F mit positiven Abszissen auf und zieht nach der negativen Seite die zugehörigen C_2-Strahlen. z muß in einer Nebenfigur fortlaufend festgestellt werden.

Genauigkeitsgrad.

Die Genauigkeit der einzelnen Verfahren wurde an dem weiter oben behandelten Beispiel für den Fall plötzlichen Schlusses ermittelt. Der Anstieg über die hydrostatische Wagerechte ergab sich beim Annäherungsverfahren, Abb. 4, zu $Z = -6{,}55 + 1{,}99 = -4{,}56$ **m**. Nach dem genauen Verfahren ergab sich $Z = -6{,}65 + 1{,}99 = -4{,}66$ **m**. Für den hier als

Beispiel gewählten Sonderfall kann auch die mathematisch genaue Formel von Forchheimer[1]) verwandt werden. Sie lautet

$$m Z + 1 - \ln (m Z + 1) = m h + 1 \quad . \ . \ . \ . \ (41).$$

Darin ist

$$m = \frac{2 g F}{c^2 R f} \text{ und } h = \frac{l}{c^2 R} v_0^2 \quad . \ . \ . \ . \ (42).$$

Nach diesen Gleichungen findet man $Z = -4{,}9583$ = rd. **— 4,96 m.** Diese Rechnung entspricht jedoch insofern nicht der Wirklichkeit, als von den Verlusthöhen nach Gl. (12) nur das letzte, allerdings wichtigste Glied berücksichtigt wird; sie kann aber zur Nachprüfung der Genauigkeit meines Verfahrens dienen, wenn bei dessen Anwendung in Gl. (14) ebenfalls nur $C_4' = \frac{l}{c^2 R_2}$ gesetzt wird. Mit diesem Wert C_4 ergibt sich $C_3 C_4 v_0^2 = 3{,}068$ cm. Man findet in hier nicht dargestellten Untersuchungen mit dem Annäherungsverfahren $Z = -6{,}34 + 1{,}48 =$ **— 4,86 m** und mit dem genauen Verfahren $Z = -6{,}47 - 1{,}48 =$ **— 4,99 m.** Die Annäherung an den mathematisch genauen Wert ist also so groß, daß man mit dem genauen Verfahren bei Benutzung des zutreffenderen Festwertes C_4 gemäß Gl. (14) in Anwendung auf jeden beliebigen allgemeinen Fall praktisch sehr genaue Ergebnisse erwarten kann. Die Genauigkeit wird jedenfalls besonders durch die richtige Wahl der Konstante C_4 bedingt, wie die Gegenüberstellung der Zahlen — 4,99 und — 4,66 zeigt. — 4,66 dürfte der der Wirklichkeit nächstkommende Wert sein.

Das genaue Verfahren gestattet somit auch einen zuverlässigen Schluß auf die Periode der Schwingung und ermöglicht in Gegenüberstellung letzterer mit den Reglerzeiten die sehr wichtige Vermeidung „stehender Schwingungen". [B 246]

[1]) Vgl. Forchheimer, Z. Bd. 56 (1912) S. 129.

J. A. Brinell †.

Am 17. November starb in Stockholm J. A. Brinell, dessen Name in der ganzen Welt durch den von ihm erfundenen Kugeldruckversuch bekannt geworden ist.

Brinell wurde 1849 in der Gegend von Jönköping als Sohn eines Landwirtes geboren. Bis zu seinem fünfzehnten Lebensjahr arbeitete er auf dem väterlichen Hofe. Dann erst konnte er sich seiner Neigung zum Studium widmen. Nach Abschluß der theoretischen Ausbildung war er einige Jahre als Zeichner und dann als Konstrukteur tätig. Im Jahre 1875 wurde er von dem Metallurgen Gustav Ekman nach dessen Eisenwerk Lesjöfors berufen und nach sieben Jahren als Oberingenieur nach dem Fagersta-Werk. 1903 nahm er einen Posten als Oberingenieur beim Jernkontor (Eisenkontor) an, bis er sich 1914 zurückzog, um sich privaten Unternehmungen zu widmen.

Der Wendepunkt in seinem Leben war die Berufung nach Lesjöfors. Vorher hatte er wenig Gelegenheit gehabt, sich theoretisch oder praktisch mit der Eisenindustrie zu beschäftigen. In Ekman sah er seinen großen Lehrmeister und widmete sich mit größter Energie und Eifer seinem neuen Arbeitsgebiet; er suchte in die metallurgischen Aufgaben einzudringen und ihre Lösung zu finden. Mit dem Übergang nach Fagersta, wo die verschiedensten Arten Stahl hoher Güte angefertigt wurden, beginnen seine Forschungsarbeiten zu reifen und weiteren Kreisen bekannt zu werden.

Im Jahre 1885 erschien seine Abhandlung „Über die Gefügeänderungen des Stahles bei Erwärmung und Abkühlung". Als Ergebnis einfacher Versuche am Schmiedeherd und ohne neuzeitliche Hilfsmittel, wie ein starkes Mikroskop und ein Pyrometer, beschreibt und erklärt er als erster die Wärmeerscheinungen beim Abkühlen des Stahles von der Glühtemperatur. Er weist auf die kritische Temperatur des Stahles hin und ihre Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt und der Form des Kohlenstoffes im Eisen, ferner beleuchtet er die Abhängigkeit des Härtungsverlaufes und des Kristallaufbaues von der Zeit und der Temperatur und gibt die Bedingungen für eine gute Härtung an.

Aus dem Bestreben, die für die Weiterverarbeitung notwendige Gleichmäßigkeit des Stahles durch ein einfaches Überwachungsverfahren zu verbessern, entstand der Kugeldruckversuch, der Brinells Namen weltberühmt machte. Zur Härtebestimmung wird nach Brinell eine gehärtete Stahlkugel unter bestimmtem Druck gegen eine ebene Fläche des zu prüfenden Werkstoffes gedrückt. Die Härtezahl wurde von ihm angegeben als Belastung, geteilt durch die Kalottenoberfläche des Eindruckes. Die vielseitige Anwendbarkeit des Kugeldruckversuches wies Brinell 1900 in einer Abhandlung in Teknisk Tidskrift durch Veröffentlichung der Ergebnisse von Vergleichsversuchen nach. Tatsächlich hat der Kugeldruckversuch in der Werkstoffprüfung schnell Eingang gefunden und wird heute nicht nur für die Prüfung von Stahl und Eisen sondern auch der Nichteisenmetalle in großem Umfang angewendet.

Auf der Pariser Weltausstellung 1900 zeigte Brinell im Zusammenhang mit der Ausstellung des Fagersta-Werkes in übersichtlicher Form einen Teil seiner Forschungsergebnisse. Seine Arbeiten erweckten außerordentliche Beachtung und befestigten den internationalen Ruf, dessen er sich seitdem erfreute.

Brinells Arbeiten wurden zusammenhängend in Jernkontorets Annaler und in The Journal of the Iron and Steel Institute 1901 veröffentlicht. Die Veröffentlichung wurde, soweit sich feststellen ließ, ganz oder teilweise in nicht weniger als 17 verschiedenen Sprachen wiedergegeben.

Brinells Stellung als Oberingenieur beim Jernkontor brachte es mit sich, daß er als höchster technischer Sachverständiger Schwedens auf dem Gebiete der Metallkunde häufig als Berater der schwedischen Stahlwerke hinzugezogen wurde. Viele wertvolle Untersuchungen und Abhandlungen entstammen dieser Zeit. Auch nachdem Brinell sich in das Privatleben zurückgezogen hatte, setzte er seine wissenschaftlichen Arbeiten fort. 1921 erschien seine Abhandlung „Untersuchungen über das Widerstandsvermögen von Eisen und Stahl sowie einer Reihe anderer Stoffe gegen Abnutzung".

Brinell beschränkte seine wissenschaftlichen Arbeiten nicht nur auf die Metalle, sondern gab 1916 auch eine Arbeit über die Lage der Torffrage heraus, in die er als Leiter einer ansehnlichen Torfstreufabrik in seiner Heimat Einblick gewonnen hatte[1]).

Brinell gehörte zu den hervorragendsten Persönlichkeiten Schwedens. An Ehrungen aller Art und Anerkennung seiner Arbeiten hat es nicht gefehlt. Seit 1902 war er Mitglied der schwedischen Akademie der Wissenschaften und seit 1919 Mitglied der Ingenieurwissenschafts-Akademie. Nicht nur sein Werk sondern auch seine ganze Persönlichkeit machten ihn zu dem großen Mann, den alle ehren wollten. Anspruchlosigkeit in seinem Auftreten, Ehrlichkeit im Denken und Handeln und ein hinreißender Zug naiver Genialität waren die Grundzüge seines Wesens. [P 1208]

Re.

[1]) Weitere Einzelheiten seiner Lebensarbeit sind in einem Nachruf in „Teknisk Tidskrift" Bd 55 (1925) Heft 49 aufgezeichnet.

RUNDSCHAU.

Wissenschaftliche Tagungen.

Eisenhüttentag 1925.

Die Hauptversammlung des Vereines deutscher Eisenhüttenleute fand am 28. und 29. November in dem befreiten Düsseldorf statt. Der wissenschaftliche Teil der Tagung wurde durch zwei Gruppensitzungen in der städtischen Tonhalle eingeleitet. In der Gruppensitzung I am Sonnabend, dem 28. November, hielt Obering. H. Bleibtreu, Völklingen, einen Vortrag:

„Aus dem amerikanischen Hochofen- und Kokereiwesen".

Er berichtete über eine Studienreise, die er im Auftrage des Vereines deutscher Eisenhüttenleute ausgeführt hat und die verschiedenen Hochofenwerken und Kokereien in Nordamerika galt. Die Ausführungen befaßten sich vor allem mit den Verfeinerungen in der Bewirtschaftung der Rohstoffe (Erz und Kohle) sowie im Betrieb und im Erzeugnis.

Im Kokereiwesen hat sich vor allem während der Kriegszeit und in den folgenden Jahren eine bedeutende Wandlung vollzogen, indem man vom alten Bienenkorbofen zum neuzeitlichen Nebenproduktenofen übergegangen ist. Die Kokereien sind daher im allgemeinen neuzeitlich eingerichtet und befinden sich, soweit sie für Hüttenkoks in Frage kommen, entweder unmittelbar beim Hochofenwerk oder stehen mit diesem in engster Verbindung. Während die Anlagen im allgemeinen auf europäische und insbesondere deutsche Vorbilder zurückgehen, hat sich die Kokereitechnik in den letzten Jahren unabhängig gemacht und eine Anzahl neuer Konstruktionen geschaffen, die vor allem Arbeitsersparnis und betriebliche Verfeinerungen zum Ziel haben. Vorbildlich muß die Betriebsführung der Öfen genannt werden. Der Düsendienst, der in Europa häufig etwas nebensächliche Behandlung erfährt, wird in Amerika mit außerordentlicher Sorgfalt und einer fast wissenschaftlichen Genauigkeit durchgeführt. Dies hat zu der großen Gleichmäßigkeit der Koksbeschaffenheit wesentlich beigetragen, auf die seit Jahren von den Hochofenwerken zielbewußt hingesteuert wurde.

Ebenso wie bei den Kokereien liegen die hervorstechenden Merkmale des Hochofenwesens mehr auf der betrieblichen wie baulichen Seite. Das Streben nach baulicher Einfachheit unter möglichster Berücksichtigung zukünftiger Erweiterungen und weitgehender Betriebsicherheit der einzelnen Betriebsmittel ist hier hervorgehoben. Ferner ist die besondere Anpassungsfähigkeit in der allgemeinen Gliederung der Anlage zu nennen, wodurch es ermöglicht wird, bei schlechten Wirtschaftsverhältnissen die Hälfte oder zwei Drittel der Anlage stillzulegen, ohne daß die Selbstkosten des im Betriebe verbleibenden Restes wesentlich in die Höhe gehen. Man wird sich in Deutschland die Frage vorlegen, ob wir unsere Anlagen nicht auch daraufhin untersuchen sollten, ob die straffe Zentralisierung gewisser Betriebe nicht durch eine elastische Unterteilung zu ersetzen ist. Die großen Schwankungen im amerikanischen Wirtschaftsleben haben ferner zur Folge, daß die Belegschaften niedrig gehalten werden, um bei Stillegungen Arbeiterentlassungen möglichst einzuschränken. Die weitgehende Mechanisierung amerikanischer Betriebe ist mehr hierdurch als durch die hohen Löhne bedingt.

Zum Schluß wies Bleibtreu auf die vorzügliche Unterordnung der Hüttenbelegschaften hin und gab hierfür verschiedene Beispiele. Die Werke haben vor allem seit dem Krieg ihr besonderes Streben dahin gerichtet, das Verantwortungsgefühl der Leute zu schärfen und nach Charakter und Leistungen eine Auswahl für Meisterstellen und andere gehobene Posten zu treffen. Wenn auf verschiedenen Gebieten des Eisenhüttenwesens von einer Überlegenheit der Amerikaner die Rede sein kann, so ist dies weniger auf den Reichtum an Bodenschätzen und andere durch die Natur des Landes gegebene Vorteile zurückzuführen, als auf organisatorische und betriebliche Maßnahmen, bei denen sich Werkleitung und Belegschaft verständnisvoll in die Hände arbeiten. Die von uns erstrebte Rationalisierung wird sich in ähnlicher Weise durch vermehrte Leistung und Erhöhung der Arbeitsgüte vollziehen müssen.

In der Gruppensitzung II berichtete Dir. Dr. C. Wolff, Mülheim-Ruhr, über

die Verwendung von siliziertem und unsiliziertem Stahl für die Rohrherstellung.

Rundblöcke aus beiden Stahlarten wurden im Schräg- und Pilgerwalzwerk durch Probewalzungen untersucht. Aus der mechanischen Werkstoffprüfung ging hervor, daß die Festigkeitseigenschaften des nicht silizierten und des silizierten Stahles (schwach silizierter weicher Stahl) keine besonderen Unterschiede aufweisen und daß alle sonstigen Eigenschaften des einen Werkstoffes sich mit denen des anderen decken. Weiter wurde geprüft, ob der Einwand des Rohrwalzwerkers berechtigt ist, daß silizierter Stahl wegen seiner geringen Schweißbarkeit bei der Verarbeitung im Schräg- und Pilgerwalzwerk Schwierigkeiten bietet. Die Untersuchung zeigte, daß im Verlauf des Lochungsvorganges im Schrägwalzwerk eine Schweißung des Werkstoffes überhaupt nicht stattfindet. Vielmehr ergab sich, daß die beim Lochen der Rundblöcke entstehenden Zacken und Schründe an der Bildung des Lochumfanges teilnehmen, indem sie sich an der Locherweiterung beteiligen. Die Blöcke aus unsiliziertem Stahl lieferten einen erheblichen Ausschuß, die aus siliziertem Stahl dagegen ausnahmslos gute Rohre. Mäßig silizierter Stahl eignet sich am besten für die Rohrherstellung im Schräg- und Pilgerwalzwerk, wenn der in diesem Stahl auftretende Lunker auf ein geringes Maß vermindert wird.

Dann sprach Dr.-Ing. K. Meyer, Hamborn, über

die grundlegenden Vorgänge der bildsamen Verformung.

Um für die Betrachtung der Vorgänge beim Schmieden, Pressen und Walzen die nötigen Grundlagen zu gewinnen, wurden die Erscheinungen bei dem verhältnismäßig einfachen Druckversuch eingehender untersucht. Über die Vorgänge hierbei sind die Ansichten noch geteilt. Während man auf der einen Seite die vom theoretischen Verlauf des Versuches abweichenden Erscheinungen auf die ältere Vorstellung von den Rutschkegeln zurückzuführen versucht, läßt die andere Seite nur Verformungsbehinderung durch Reibung an den Probenendflächen als Erklärung zu. Der Vortragende führte aus, daß letztere Auffassung zwar die richtigere ist, daß jedoch die an den Endflächen der Proben auftretenden Bereiche behinderter Verformung in ihrer Begrenzung und ihrer Wirkung bei zylindrischen Druckkörpern den angenommenen Rutschkegeln sehr ähnlich sind. Im Grenzgebiet zwischen elastischer und bleibender Verformung läßt sich bei der Wahl von Flußeisenproben ein sehr schöner Anschauungsstoff durch das Hervorrufen von Kraftlinien, Ätzungen nach Fry, gewinnen. Die hemmende Wirkung der Reibungskräfte tritt dabei deutlich hervor. Die Endflächenreibung kann jedoch in wirksamer Weise ausgeschaltet werden. Aus dem Umstand, daß infolge der Reibungskräfte die Quetschgrenze von der Probenhöhe abhängig ist, läßt sich ein Verfahren herleiten, die Neigung der von den Endflächenkanten ausgehenden Verformungsflächen oder den zugehörigen Kegelwinkel für den Spannungszustand des Eisens bei der Quetschgrenze zu bestimmen. Für den Bereich stärkerer Formänderungen kommen unmittelbare Beobachtungsverfahren weniger in Frage. Mittelbar lassen die Druckkurven Rückschlüsse auf den Stauchvorgang zu. Die aus der Druckkurve ermittelte Neigung der Kegel behinderter Verformung an den Probenflächen ist von der Probenform abhängig. Der Vortragende berichtete über die Umstände, die den Arbeitsbedarf für eine Verformung beeinflussen. Neben Probenzylindern wurden auch als weniger einfache Probenform Doppelkegel zu Versuchen herangezogen, weil auf Doppelkegelversuche bereits frühere Forscher ihre Ansichten gestützt haben. Die dabei beobachteten Erscheinungen wurden geklärt. Auf die erheblich verwickelteren Vorgänge beim Walzen wiesen die Kraftlinienätzungen kaltgewalzter Quadratstäbe aus Flußeisen hin. — Die angeregte Aussprache, die sich an die Vorträge anschloß, zeigte die Bedeutung der erörterten Fragen.

In der auf die Gruppensitzung folgenden Vollsitzung behandelte Prof. Dr.-Ing. Oberhoffer, Aachen, die Qualitätsforschung und die Entwicklung auf dem Gebiete des Stahles in der Geschichte der letzten 200 Jahre. Auf diesen bedeutsamen Vortrag werden wir noch ausführlich zurückkommen. In einer weiteren Vollsitzung im Stadttheater sprach Prof. Dr.-Ing. Stauber, Berlin-Charlottenburg, über

nasse Gasturbinen.

Der Vortragende wies auf neue Entwicklungsmöglichkeiten für Wärmekraftmaschinen in Hüttenwerken hin. Bei Großkraftmaschinen wurde bisher der Fortschritt hauptsächlich in der Verringerung ihres Wärmeverbrauches gesucht und aus diesem Grunde sogar starke Erhöhung der Anschaffungskosten und bedenkliche Einbuße an Betriebsicherheit in Kauf genommen. Stauber empfiehlt im Gegensatz dazu, durch Wärmeersparnis in den Feuerungsbetrieben der Hüttenwerke einen hinreichenden Gasüberschuß für die Kraftwerke herauszuwirtschaften, der es erlauben würde, bei den großen Kraftmaschinen künftig weniger auf Wärmeersparung hinzuarbeiten als vielmehr auf Verbilligung und wesentliche Erhöhung ihrer Betriebsicherheit. Stauber hält es für erreichbar, mit Wasserring-Gasturbinen, die bisher wenig beachtet und erforscht wurden, in naher Zukunft den Wärmeverbrauch normaler Dampfturbinen mit der Billigkeit und Betriebsicherheit von Wasserkraftmaschinen zu vereinigen.

In den gewöhnlichen Wasserturbinen wird bekanntlich ein Wasserdruck ausgenutzt, der aus dem Gefälle von Wasserläufen entsteht. In den Wasserring-Gasturbinen entsteht dagegen der

nutzbare Druck des strömenden Wassers aus Gasdrücken. Durch eine eigenartige Verbindung von Druckwirkung mit Strömungswirkung wird die Energie von Explosionsgasen auf strömendes Wasser und von diesem an die Turbinenwelle übertragen. Triebwerke, Ventile und Steuerungen, die schwierigen Elemente der gebräuchlichen Kolbenmaschinen, sind dabei ebenso entbehrlich, wie die immer teurer werdenden Kessel und Kondensationseinrichtungen der Dampfanlagen.

Die Wasserringmaschinen sind an sich nicht neu, man hat sie aber bisher nur als Luftpumpen gebaut, nicht als Turbinen. Als solche haben sie auch nur dann eine Zukunft, wenn es gelingt, die Energieübertragung von seiten der Explosionsgase auf das Wasser mit geringstem Wärmeverlust, und die Wasserbewegung mit geringsten Reibungs- und Stoßverlusten durchzuführen. Um diese Voraussetzung möglichst erfüllen zu können, hat Stauber den Wasserringturbinen eine neue Form gegeben, die statt eines einzigen Laufschaufelkranzes deren zwei hat, zwischen denen während ihres Umlaufes das Wasser durch einen Leitring zwangläufig hin- und herpendelt.

Bisher hat Stauber, unterstützt durch erste deutsche Maschinenfabriken, in Vorversuchen mit Druckluft und mit Explosionsgemischen die Betriebsbedingungen seiner Turbine, insbesondere für das Anlassen, erprobt und seine wichtigsten Elemente, die Dichtungen und Zündeinrichtungen zu der erforderlichen Einfachheit, Billigkeit und Betriebsicherheit entwickelt. Die bevorstehenden Hauptversuche werden mit einer baulich sehr einfach gewordenen Turbine vorgenommen.

In der Aussprache berichtete Prof. Dr.-Ing. Föttinger, Berlin, über Erfahrungen mit dem von ihm konstruierten Transformator, in dem bekanntlich das Wasser als Kupplungsmittel zwischen zwei Wellen verschiedener Umlaufzahlen benutzt wird.

Auf dem Begrüßungsabend fanden die Teilnehmer der Tagung Gelegenheit zur gegenseitigen Aussprache.

Die Hauptsitzung des Vereins fand am 9. November im Stadttheater statt. Die Karl-Lueg-Denkmünze, die höchste Auszeichnung des Vereins, wurde in diesem Jahr an Hüttenbesitzer Dr. rer. pol. eh. Hermann Röchling, Völklingen a. d. Saar, verliehen. Der Verein deutscher Eisenhüttenleute ehrte damit den um die Entwicklung des Eisenhüttenwesens und insbesondere der Edelstahlerzeugung hochverdienten Ingenieur, gleichzeitig aber den kerndeutschen Mann, der sich durch sein kraftvolles Eintreten für die Erhaltung des Deutschtums im Saargebiet hochverdient gemacht hat.

Das geschäftsführende Vorstandsmitglied Dr.-Ing. P. Petersen erstattete sodann den Bericht über die Tätigkeit des Vereins im Geschäftsjahr 1925, wobei er auf die bereits erfolgte ausführliche Veröffentlichung hinwies[1]). Einige besonders wichtige Fragen griff er in etwas eingehenderer Erörterung heraus.

Anknüpfend an den Vortrag von Oberhoffer betrachtete Petersen insbesondere die Rückwirkung der Frage der Werkstoffgüte auf die Stellung von Erzeuger und Verbraucher zueinander. Die Hüttenleute brauchen bei ihrem Streben zur Erhöhung der Güte die Unterstützung der Verbraucher durch Übermittlung der Erfahrungen, die mit ihren Erzeugnissen für die verschiedenen Verwendungszwecke gemacht werden. Die Schwierigkeit liegt darin, daß der Begriff Güte nichts Eindeutiges ist; Gebrauch, Form und Herstellung des Stückes beeinflussen erheblich die Gebrauchsfähigkeit und verdunkeln den Einfluß des Werkstoffes. Sämtliche Prüfverfahren gestatten höchstens die Feststellung, und zwar auch nur unvollkommen, ob ein bestimmter Werkstoff festgelegten Prüfungsbedingungen annähernd gleichmäßig entspricht. Über die Bedeutung dieser Prüfungsbedingungen und ihrer Ergebnisse für den praktischen Gebrauch besteht jedoch die größte Unklarheit und Unsicherheit. Ein unbedingtes Vertrauensverhältnis zwischen Erzeuger und Verbraucher ist daher notwendig. Der Verbraucher muß seine Forderungen an die Güte des Werkstoffes für den jeweiligen Gebrauchzweck klar herausarbeiten. Der Hüttenmann wird dann prüfen, ob und wie weit diese Anforderungen mit seinen Mitteln überhaupt erfüllbar sind. Für eine Erhöhung der Gebrauchfähigkeit wird die Eisenindustrie zur Erweiterung ihres Absatzes immer eintreten.

Hierauf hielt Prof. Dr. L. Mecking, Münster, einen Vortrag über

„Europas Völker und das Meer“,

in dem er, unterstützt durch wertvolle Lichtbilder, den Einfluß des Meeres auf die Entwicklung der wirtschaftlichen und der sozialen Lebensverhältnisse der verschiedenen europäischen Völker und Staaten klarlegte[2]).

Der Vorsitzende des Vereins, Gen.-Dir. Dr. Vögler, Dortmund, behandelte in seiner Ansprache

lebenswichtige Fragen der Wirtschaft[3]).

Er wies auf die Bedeutung der weltwirtschaftlichen Beziehungen in Deutschland hin. Unter den Ursachen, die die jetzige Wirtschaftskrise in Deutschland bedingten, hob der Vortragende die verheerenden Wirkungen der staatlichen Finanzpolitik hervor. Wenn die Regierung die Absicht einer Preissenkung ernsthaft durchführen wolle, so müsse sie in ihrem eigenen Bereich anfangen. Die Möglichkeiten einer Preissenkungsaktion seien bedingt durch die Höhe der auf der Wirtschaft lastenden Gehälter und Löhne, durch die sozialen Lasten, durch die Steuern und durch die Frachten. Solange an diesen Punkten nicht nennenswerte Veränderungen eintreten, sei eine Verbilligung ausgeschlossen.

Dr. Vögler kam dann auf die Arbeiten und Absichten des unter seiner Mitwirkung beim Verein deutscher Eisenhüttenleute in Düsseldorf gegründeten Instituts für technische Arbeitsschulung zu sprechen. Es sei dringendste Notwendigkeit, Menschen und Werk in ein besseres Verhältnis zueinander zu bringen. Die Zerlegung der Gesamtarbeit in Teilarbeit habe es mit sich gebracht, daß die einzelnen Arbeiter dem Werk und seinem Wirken entfremdet worden seien. Die Gegensätze hätten sich bis zur Feindschaft verschärft. Hier müsse die Tätigkeit der Werkleitung einsetzen. Voraussetzung sei, daß der Mensch einer Arbeit zugeführt würde, die möglichst seinem inneren Wesen und seinen persönlichen Fähigkeiten entspräche. Aus dieser inneren Einstellung zur Arbeit würde sich neue Freude am Schaffen ergeben. Den arbeitenden Menschen schaffensfreudig zu erhalten, sei eine der hervorragendsten Aufgaben der Industrie. Das letzte Ziel auf diesem Wege sei, Deutschland wieder zu einem unentbehrlichen wirtschaftlichen und kulturellen Mitarbeiter Europas zu machen. [N 1227] Gossow.

[1]) „Stahl und Eisen“ Bd. 45 (1925) Heft 47.
[2]) In den VDI-Nachrichten wird über den Vortrag demnächst ausführlich berichtet werden.
[3]) Vergl. VDI-Nachrichten Nr. 49 vom 9. Dezember.

Eisenbahnwesen.

Prellböcke im Dienste des Umschlagverkehrs.

Zur Umladung von Schüttgütern werden Großraum-Selbstentladewagen immer mehr benutzt, jedoch beansprucht die Zustellung und die Abfuhr der Wagen noch immer recht erhebliche Aufwendungen. Eine beachtenswerte Lösung dieser Frage ist bei der Kohlenumschlagstelle des neuen Kölner Rheinhafens in Köln-Niehl gefunden worden.

Der zur Entladung kommende Kohlenzug wird bis zum Entladetrichter durch eine Verschiebelokomotive gebracht. Durch ein elektrisch betriebenes Spill werden die einzelnen Wagen auf den Trichter gezogen, wo sie in wenigen Augenblicken entladen werden. Der leere Wagen wird in der Regel durch das Heranholen des nächsten Wagens abgestoßen. Das Sammelgleis für die leeren Wagen liegt parallel zum Zustellgleis, so daß die Wagen nach dem Verlassen des Trichters in eine rückläufige Bewegung versetzt werden müssen. Da man ohne Verschiebemittel auskommen will, wird lediglich das Schwergewicht des Wagens in Anspruch genommen. Hinter dem Trichter ist die Gleisanlage als Ablaufberg angelegt, und die Umkehrung der Bewegung erfolgt an einem als Prellbock ausgebildeten Festpunkt; vom Prellbock aus laufen die Wagen dann durch eine Anschneideweiche auf das abwärts führende Leergleis ab.

Der Umkehrpunkt liegt am Ende eines hohen, steil abfallenden Dammes, wobei die betriebsichere und zweckmäßige Durchbildung des Punktes nicht unerhebliche Schwierigkeiten bot. Ein fester Prellbock normaler Bauart kam wegen der verderblichen Wirkung auf die Fahrzeuge nicht in Frage, ebensowenig ein hydraulischer Bock, der kostspielig in der Unterhaltung ist und anderseits bei hohen Auflaufgeschwindigkeiten, die bei der Schnelligkeit der ganzen Entladung auftreten können, doch als fester, unelastischer Prellbock wirkt, so daß auch hierbei mit Wagenbeschädigungen gerechnet werden mußte. Bewegliche Prellböcke konnten wegen der Platzfrage und der immer wieder neu

Abb. 1. Prellbock für den Verschiebedienst, ausgerüstet mit Reibungsfeder, Bauart „Mohr“, erbaut von van der Zypen & Charlier, Köln-Deutz.

herzustellenden Bereitschaft des Bockes nicht berücksichtigt werden. Die Lösung konnte nur in der Durchbildung eines standfesten Bockes gefunden werden, dessen Stoßorgane auf nachgiebige Teile mit großem Arbeitsvermögen einwirkten. Da verlangt wurde, daß der Bock auch beladene Großraumwagen mit erheblicher Auflaufgeschwindigkeit elastisch auffangen sollte, so ergab sich für den Prellbock ein federndes Arbeitsvermögen, wie es etwa durch hundert normale Eisenbahnpufferfedern verkörpert wird.

Abb. 2 Pufferfeder, Bauart Mohr, für Prellböcke.
a Mantelfeder *b* geschlitzte Stahlringe *c* geschlossene Ringe.

Die Zusammenfassung einer derartig großen Anzahl von Pufferfedern würde eine wenig betriebsichere Anlage ergeben haben, da die Federn sehr zum Erlahmen und zum Bruche neigen. Vor allem kam eine Durchbildung auf dieser Grundlage deshalb nicht in Frage, weil der Wagen nach dem Auflaufen mit der ganzen aufgespeicherten Energie der Federn wieder abgestoßen wird; diese erteilt dem Wagen auf dem Leergleis eine Geschwindigkeit, die für den ablaufenden sowie für die bereits abgelaufenen Wagen verderblich wirkt, sofern man keine kostspieligen Gleisbremsen oder dergleichen einbaut.

Eine einfache Lösung wurde durch die Anwendung von Reibungsfedern der Bauart „Mohr"[1]) erzielt, die von der Firma Eisenbahnwagen- und Maschinenfabrik van der Zypen & Charlier G. m. b. H. in Köln-Deutz gebaut werden. Die gute Raumausnutzung der Federbauart ermöglichte die Unterbringung der vier Federn, die das verlangte Arbeitsvermögen verkörpern, in die Stoßrohre, so daß neben großer Festigkeit eine geschlossene, baulich gut wirkende Konstruktion erzielt wurde, Abb. 1. Die Pufferfeder besteht aus einer Mantelfeder *a*, Abb. 2, die sich aus mehreren konzentrisch ineinander gesteckten, längsgeschlitzten Zylinderfedern zusammensetzt. Um *a* legen sich geschlitzte Stahlringe *b*, die außen von geschlossenen Ringen *c* gefaßt werden. Der Pufferstößel drückt auf den ersten der äußeren geschlossenen Ringe *c*, dieser drückt den ersten der geschlitzten Ringe *b* infolge der kegelförmigen Berührungsflächen in radialer Richtung zusammen und gegen die äußere Fläche der Mantelfeder *a*. Der erste geschlitzte Ring dringt gleichzeitig tiefer in den zweiten geschlossenen Ring ein und nimmt ihn mit, so daß dieser auf den zweiten geschlitzten Ring wirkt. So überträgt sich der Stößeldruck von Ring zu Ring weiter, geht zum Teil durch die Reibung auf die Mantelfeder und durch diese auf die Bodenplatte über, während der etwaige Rest durch den letzten geschlossenen Ring an die Bodenplatte abgegeben wird. Durch die zwischen den verschiedenen Ringen und der Feder auftretende Reibung wird beim Zusammendrücken des Puffers eine erhebliche Arbeit vernichtet. Der Widerstand der Federn beträgt rd. 200 t bei einem Nutzhub von 400 mm, während der Rückdruck nur 6 t beträgt, so daß also das auftreffende Arbeitsvermögen fast restlos vernichtet wird.

Im vorliegenden Falle wurde somit eine Prellbockkonstruktion geschaffen, die durch ihre ersparende Wirkung an Zeit, Arbeit und Ausbesserungen ein geeignetes Mittel zur Verringerung der Umschlagkosten bei Massengütern darstellt. [M 895]

Schiffs- und Seewesen.

Ausrüstungskran für eine Flußschiffswerft.

Der Bau und die Instandhaltung der Schiffe stellt außerordentliche Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der ausführenden Betriebe und macht umfassende Vorrichtungen zum Heben und Befördern der Lasten sowie der auszubessernden Schiffe erforderlich. Bei Arbeiten, die an einem Teile des Schiffsrumpfes auszuführen sind, genügt es oft, wenn nur das eine Ende, beispielsweise beim Auswechseln und Wiederherstellen des Ruders und der Schrauben nur das Heck über Wasser gehoben wird. Eine besonders leistungsfähige Anlage hat die Demag für die Meidericher Schiffswerft, vorm. Thomas & Co., G. m. b. H., am Hafenbecken A des Duisburg-Ruhrorter Hafens gebaut, die sich den in Flußschiffswerften vorliegenden Verhältnissen vorzüglich anpaßt und die Lasten in einfacher Weise mit geringem Kostenaufwand hebt.

Die Anlage, Abb. 3 bis 5, besteht aus einer feststehenden Brücke mit eingebautem 100 t-Schiffshebewerk, einer 50 t-Laufkatze und einem 6 t-Drehlaufkran. Die Eisenfachwerkbrücke hat 38 m Spannweite und 9,5 m Höhe über S.-O. des Anschlußgleises. Die wasserseitigen Brückenstützen sind 23 m, die landseitigen 15 m von der Kaikante entfernt. Außerdem ist der Brückenträger noch mit Ausladungen versehen, die auf 4 m für die Wasserseite und 3,8 m für die Landseite bemessen sind. Als Betriebstrom für die verschiedenen Triebwerke wird Drehstrom von 220 V Spannung und 50 Per./s verwendet; sämtliche Motoren haben Schleifringanker mit dauernd aufliegenden Bürsten und sind für aussetzenden Betrieb mit höchstens 45 min Laufzeit gebaut.

Das Schiffshebewerk ist ein feststehendes Windwerk für 100 t Nutzlast, das an vier Unterflaschen mit je sechs Strängen einen Querträger von 9,5 m Länge zwischen den Aufhängepunkten trägt, der unter das zu hebende Schiffsende greift. Um bei niedrigem Wasserstande die volle Tiefe des Hafenbeckens ausnutzen zu können, ist in der Hafensohle eine Vertiefung für den Querträger vorgesehen. Die größte Hubhöhe beträgt etwa 10 m. Der Windwerkmotor von 24 PS Leistung bei 720 Uml./min ermöglicht eine Hubgeschwindigkeit von 0,5 m/min. Das Hubwerk ist mit elektromagnetischer Bremse ausgerüstet.

Die auf Laufschienen am Untergurt des Hauptträgers fahrende Laufkatze von 2,5 m Spurweite hat 50 t Tragkraft und hebt die Last an acht Seilsträngen. Das Hubwerk ist ebenfalls mit einem Motor von 24 PS Leistung und mit elektromagnetischer Bremse versehen. Die Hubgeschwindigkeit beträgt 1,3 m/min, die größte Hubhöhe 16,3 m, von der 8,2 m unter und 8 m über Oberkante Uferstraße liegen. Die Katze wird von einem Motor von 12,6 PS Leistung bei 720 Uml./min gefahren, der bei Beförderung sperriger Lasten, wie Blechplatten usw., noch 20 m/min Fahrge-

Abb. 3. 100 t-Schiffshebewerk mit 50 t-Laufkatze und 6 t-Drehlaufkran.

[1]) DRP. Nr. 407 113.

schwindigkeit bei 20 m/s Windgeschwindigkeit erreicht. Das Fahrwerk ist mit einer kräftigen elektromagnetischen Bremse ausgestattet, die unbedingtes Feststellen der Katze an jeder Stelle der Fahrbahn ermöglicht. Der Führerstand ist so an der Katze angebracht, daß man das Arbeitfeld bequem überblicken kann. Die Katze dient hauptsächlich zum Herbeischaffen und Einsetzen schwerer Ausrüstungsstücke.

Die Beförderung und das Heben kleinerer Lasten besorgt der auf dem Obergurt der Brücke fahrende Drehlaufkran von 4,4 m Spurweite und 3,6 m Radstand. Der Kran ist mit drei 12,6 PS-Motoren für Heben, Drehen und Fahren ausgerüstet. Er hat 4 t Tragkraft bei 10 m Ausladung und 6 t bei 7 m Ausladung. Lasten bis 4 t werden unmittelbar an einem Seil über die Auslegerspitze gehoben. Lasten über 4 t erfordern eine Unterflasche, die bei Verwendung des 4 t-Hakens über dem Seil in einem Flaschenbock auf dem Kranausleger aufgehängt ist. Soll der 6 t-Haken verwandt werden, so wird die Flasche durch eine Handwinde auf das Hubseil niedergelassen, wobei sie durch ihr Gewicht den 4 t-Haken hochzieht und bewirkt, daß er sich mit einem Taupolster am Hakengewicht gegen einen Anschlag an der Auslegerspitze anlegt.

Der Hubmotor ermöglicht 10 m/min Hubgeschwindigkeit bei 4 t und 5 m/min bei 6 t Belastung. Die größte Hubhöhe beträgt 27,5 m bei 7 m und 30 m bei 10 m Ausladung, wovon 23,5 m unter der Kranfahrbahn liegen. Das Hubwerk ist mit einer elektromagnetischen Bremse ausgerüstet, die auch von Hand gelüftet werden kann. Der Fahrmotor ermöglicht eine Geschwindigkeit von 30 m/min gegen einen Winddruck von 12 kg/m², der Drehmotor eine volle Drehung in 30 s. Während das Fahrwerk mit einer elektromagnetischen Bremse ausgerüstet ist, hat das Drehwerk eine Fußtrittbremse. Das Führerhaus am Fuße des vorderen Auslegers, Abb. 3, gestattet einen ausgezeichneten Überblick über das Arbeitfeld und erlaubt, sämtliche Bewegungen des Hakens bei jeder Stellung des Krans zu verfolgen. Die Antriebmotoren sind auf dem Kranwagen und dem rückwärtigen Ausleger verteilt und durch Verschalungen gegen äußere Einflüsse geschützt. Außerdem trägt der rückwärtige Ausleger noch ein Gegengewicht von 6 t.

Die Kranfahrbahn hat etwa 45 m Länge. Der Kran kann die Lasten bis etwa 26 m von Kaikante landeinwärts fördern.

Die wasserseitige Spannweite der Brücke genügt, um zwei Schiffen nebeneinander Raum zu geben, wie dies in Abb. 3 gezeigt wird, wo die Hecks von zwei Schleppdampfern zum Einsetzen der Schrauben aus dem Wasser gehoben werden, und zwar wird der linke durch den Querträger des feststehenden 100 t-Hubwerks gehoben, während der Drehkran die Schraube zureicht; den rechten hebt die 50 t-Katze mittels einer Schlinge, die um den Rumpf des Schiffes herumgeführt ist. Infolge der wasserseitigen Ausladung der Brücke und der großen Ausladung des Drehkrans kann dieser auch noch zur Bedienung eines dritten Schiffes, das an die Stirnfläche der Brücke, also außerhalb der Stützweite verholt ist, herangezogen werden. Das Fahrwerk der Brücke ist so kräftig ausgeführt, daß die drei Hubwerke unter voller Belastung gleichzeitig an der gleichen Stelle arbeiten können.

[M 663]

Bergbau.

Schlagwetteranzeiger.

Die elektrische Grubenlampe, die gegenüber allen andern Grubenlampen den Vorteil hoher Betriebsicherheit hat, weist bisher einen Nachteil auf: eine Vorrichtung, die die auftretenden Schlagwetter anzeigt, fehlt. Um diesem Mangel abzuhelfen, hat man mehrfach versucht, sogenannte Schlagwetteranzeiger[1]) einzuführen, leider bisher ohne Erfolg. Vom preußischen Minister für Handel und Gewerbe ist daher gemeinsam mit dem Reichskohlenrat zur Lösung dieser Frage ein Preisausschreiben erlassen worden[2]). 42 Bewerbungen sind eingegangen und vom Preisgericht eingehend geprüft worden. Ein Teil der Bewerbungen mußte von vornherein als unbrauchbar ausgeschieden werden, da sie im Grundgedanken verfehlt waren. Die übrigen Bewerbungen sind an Hand der eingereichten Modelle auf der Berggewerkschaftlichen Versuchstrecke in Derne, Kreis Dortmund, und im Grubenbetrieb erprobt worden. Auch von diesen entspricht keine den Bedingungen des Preisausschreibens vollständig, daher konnte der Preis keinem Bewerber im ganzen zuerkannt werden. Einige Bewerbungen genügen aber den gestellten Bedingungen in mehreren Punkten und kommen dem angestrebten Ziele zur Schaffung eines brauchbaren Schlagwetteranzeigers in verschiedenem Grade nahe.

Der Schlagwetteranzeiger Nelly, Bewerber Firma Neufeldt & Kuhnke in Kiel, Werk Ravensberg, beruht auf den Erscheinungen, die bei der Diffusion von Gasen verschiedener Dichte durch eine poröse Wand auftreten. Gemessen wird der Druck, der entsteht, wenn eine mit Luft gefüllte Kammer aus porösem Ton von Grubengas oder grubengashaltiger Luft umspült wird. Die Verwendung des Diffusionsdrucks für den Nachweis von Grubengas ist ermöglicht durch Einschluß der Tonkammer in einen gewöhnlich nicht mit der Außenluft in Verbindung stehenden Raum, ferner durch Mitnahme trockener Preßluft in einem an dem Anzeiger befindlichen Behälter zum Spülen der Tonkammer und des diese umgebenden Raumes vor und nach jeder Messung.

Der eingereichte Schlagwetteranzeiger zeigt Grubengas in allen Gemischen schnell und zuverlässig an; er läßt auch den Gehalt an Grubengas erkennen, und zwar schon von 1 vH an bis zu rd. 18 vH. Er ist unbedingt schlagwettersicher. Da er nicht auf Wirkungen des elektrischen Stromes beruht, mithin auch keinen Akkumulator oder eine sonstige Stromquelle enthält, so kann er selbst bei unstatthafter Verwendung nicht Anlaß zu einer Entzündung von Grubengas geben. Der Anzeiger ist auch handlich. Seine Höhe beträgt 250 mm, sein größter Durchmesser 90 mm, sein Gewicht 3,2 kg. Er kann an einem mitgelieferten Tragriemen bequem über der Schulter getragen werden.

Die Handhabung des Anzeigers erfordert aber einige Übung und Geschicklichkeit. Er kann deshalb nicht ohne weiteres jedem Bergmann in die Hand gegeben werden. Auch der Umstand, daß die Trockenvorlage häufig erneuert werden muß, läßt die Handhabung nicht ganz einfach erscheinen. Schließlich liegt ein gewisser Mangel darin, daß die Verwendbarkeit des Anzeigers durch die Menge der mitzuführenden Preßluft beschränkt ist.

Der Schlagwetterzeiger Carbofer, Bewerber Aktiengesellschaft für Kohlen- und Erzforschung in Neubabelsberg, beruht auf der verschiedenen Wärmeleitfähigkeit von Luft und Grubengas. Der Unterschied wird mit Hilfe vier elektrisch beheizter Drähte für die Messung des Grubengasgehaltes nutzbar gemacht. Diese sind in Brückenschaltung angeordnet; zwei liegen in reiner Luft, die beiden anderen werden von der zu untersuchenden Wetterprobe umspült. An dem Brückengalvanometer kann (nach entsprechender Eichung) der Gasgehalt abgelesen werden. Die Stromquelle, ein kleiner

Abb. 4 und 5
Hellinganlage der Demag, Duisburg.

[1]) Z. Bd. 58 (1914) S. 158 u. Bd. 64 (1920) S. 58.

[2]) Z. Bd. 66 (1922) S. 976 u. 1048.

Akumulator, und die für die Messung erforderlichen Teile befinden sich in einem dünnwandigen Blechkasten, der 200 mm lang, 140 mm breit und 150 mm hoch ist. Das Gewicht der gesamten Vorrichtung beträgt 3,5 kg. Die die Anzeige bewirkenden Drähte sind in einer besonderen, mit Handgriff versehenen Hohlkugel untergebracht, die durch ein Kabel mit den im Blechkasten befindlichen Meßgeräten verbunden ist.

Der Anzeiger zeigt Grubengas in den im Preisausschreiben angegebenen Grenzen schnell und im allgemeinen richtig an. Er läßt auch den Gehalt der Wetter an Grubengas erkennen. Da er keine brennenden oder glühenden Teile enthält, ist er mindestens ebenso schlagwettersicher wie die tragbare elektrische Grubenlampe. Seine Handhabung ist einfach. Der Anzeiger ist aber in der eingereichten Ausführung insofern noch unvollkommen, als die Anzeige von dem Feuchtigkeitsgehalt der Wetter und von stärkeren Temperaturschwankungen beeinträchtigt wird. In der vorliegenden Bauart erscheint er auch für den Grubenbetrieb nicht genügend dauerhaft.

Der Schlagwetteranzeiger G n o m, Bewerber Siemens & Halske, A.-G., Wernerwerk M in Berlin-Siemensstadt, hat denselben Grundgedanken wie der Schlagwetteranzeiger Carbofer. Auch hier wird der Unterschied der Wärmeleitfähigkeit reiner Luft und der zu untersuchenden grubengashaltigen Wetter mit Hilfe vier elektrisch beheizter, in Brückenschaltung angeordneter Drähte gemessen. Das Brückengalvanometer ist richtig geeicht, so daß man den Gehalt an Grubengas unmittelbar ablesen kann. Die Stromquelle besteht aus einer dreizelligen Akkumulatorenbatterie. Die gesamte Vorrichtung ist in einen starken, gut verschlossenen Eisenblechkasten eingebaut. Sie ist 220 mm lang, 120 mm breit und 240 mm hoch. Ihr Gewicht beträgt 10,2 kg. Die zu untersuchende Wetterprobe wird durch Gummiball und Schlauch in die Vorrichtung geleitet.

Der Anzeiger zeigt Grubengas in den im Preisausschreiben genannten Grenzen schnell und im allgemeinen richtig an. Er läßt auch den Gehalt der Wetter an Grubengas erkennen und ist gleichfalls ebenso schlagwettersicher wie die tragbare elektrische Grubenlampe. Seine Handhabung ist einfach. Der Anzeiger ist aber ebenso wie „Carbofer" nicht ganz frei von Störungen, die durch Feuchtigkeit und Temperaturschwankungen verursacht werden. In der vorliegenden Ausführung ist er außerdem für den Grubenbetrieb zu schwer.

Der Schlagwetteranzeiger W e t t e r l i c h t, Bewerber Prof. Dr. Martienssen in Kiel, Willi Mommertz in Hamborn und Gesellschaft für nautische Instrumente G. m. b. H. in Kiel, beruht auf der durch Adsorption bewirkten Verdichtungs- und Verbrennungswärme. Ein durch den Strom eines 4 V-Akkumulators auf Dunkelrotglut vorgewärmter Platindrahtbügel, der in seinem Scheitel mit einer besonderen Kontaktmasse belegt ist, wird bei Anwesenheit von Grubengas heißer, so daß auch die Kontaktmasse in Glut gerät. Die Glüherscheinungen nehmen mit steigendem Gasgehalt zu, allerdings nur so lange, als der Sauerstoffgehalt der Wetter ausreicht, um das Gas zu verbrennen.

Zu der Bewerbung liegen zwei Ausführungen vor. Bei der einen ist der Schlagwetteranzeiger mit der elektrischen Grubenlampe zusammengebaut, bei der anderen für sich allein ausgebildet. Das Gerät mit Lampe hat eine Höhe von 370 mm, einen größten Durchmesser von 125 mm und ein Gewicht von 5 kg. Bei dem Gerät ohne Lampe beträgt die Höhe 310 mm, der größte Durchmesser 115 mm, das Gewicht 3,6 kg. Der Anzeiger zeigt Grubengas in den im Preisausschreiben genannten Grenzen an und gestattet auch eine annähernde Abschätzung des Gasgehalts der Wetter. Seine Betätigung ist einfach.

Die Anzeige ist aber bei Grubengasgehalten von 2 bis 3 vH nicht so deutlich wie bei den bisher genannten Schlagwetteranzeigern. Auch kann der Gehalt der Wetter an Grubengas nur in weiten Grenzen geschätzt werden. Da die Wetter nur langsam in den durch Glasfilter abgeschlossenen Verbrennungsraum eindringen, so nimmt die Feststellung des Gasgehalts verhältnismäßig lange Zeit, etwa 1½ min in Anspruch. Aus demselben Grunde können in dem Raum zurückbleibende Verbrennungsgase die nachfolgenden Messungen beeinträchtigen. Die Schlagwettersicherheit des Anzeigers ist zwar wesentlich größer als die der Benzinsicherheitslampe, nach Ansicht des Preisgerichtes aber geringer als die der elektrischen Grubenlampe. Wenn sich auch bei der Erprobung auf der Versuchstrecke der glühende Drahtbügel Schlagwettern gegenüber als ungefährlich erwiesen hat, so erscheint es doch nicht völlig ausgeschlossen, daß die in der Grube unter höherem Druck stehenden Schlagwetter durch den bei 9 vH Grubengas weißglühenden Drahtbügel zur Entflammung gebracht werden. Bei einer Beschädigung des Schutzglases könnte dies zu einer Explosion führen. Der mit der elektrischen Grubenlampe verbundene Anzeiger ist in der vorliegenden Ausführung wegen seiner Größe und seines Gewichtes für den Grubenbetrieb nicht handlich genug. Zum Ableuchten von Grubengas unter der Firste erscheint auch der für sich allein gebaute Anzeiger (ohne Lampe) zu schwer, wenn man berücksichtigt, daß es länger als eine Minute dauert, bis der Verbrennungsraum von den zu untersuchenden Wettern richtig erfüllt ist.

Der Schlagwetteranzeiger S i e g f r i e d, Bewerber Friemann & Wolf G. m. b. H. in Zwickau (Sachsen), beruht auf der singenden Flamme. Er entspricht in seiner Bauart im allgemeinen der Benzinsicherheitslampe. Jedoch befindet sich über der ziemlich kleinen Benzinflamme ein Hohlkörper, in dem die Luft bei Anwesenheit von Grubengas infolge der durch das Gas bewirkten Vergrößerung der Flamme in Schwingungen gerät, so daß der Anzeiger einen mit der Menge des Grubengases sich verstärkenden heulenden Ton hören läßt.

Der Anzeiger zeigt Grubengas in den im Preisausschreiben genannten Grenzen an und gestattet auch eine annähernde Abschätzung des Gasgehaltes bis zu 5 vH. Vor den im vorstehenden beschriebenen Anzeigern zeichnet er sich dadurch aus, daß er das Auftreten von Grubengas selbsttätig meldet. Der Anzeiger ist handlich und nicht wesentlich schwerer als die gewöhnliche Benzinsicherheitslampe. Sein Gewicht beträgt 1,6 kg, seine Höhe einschließlich Tragöse 330 mm, sein größter Durchmesser 75 mm.

Durch die Besonderheiten seiner Bauart ist der Anzeiger zwar sicherer als eine gewöhnliche Benzinsicherheitslampe. Da seinen Grundbestandteil aber eine Flamme bildet, so kann er zu einer Entzündung und Explosion von Schlagwettern Anlaß geben, wenn er infolge nicht sachmäßiger Zusammensetzung der Lampenteile oder infolge einer Beschädigung eine Undichtigkeit aufweist. Er ist daher nicht so sicher wie die elektrische Grubenlampe. Ein gewisser Mangel besteht ferner darin, daß das Tönen des Anzeigers in der Grube von stärkeren Geräuschen (z. B. von Bohr- oder Abbauhämmern, Schüttelrutschen) übertönt werden kann.

Hiernach erfüllen die Bewerbungen „Nelly", „Carbofer" und „Gnom" zwei wichtige Bedingungen des Preisausschreibens: Sie lassen die Anwesenheit und den Gehalt an Grubengas zuverlässig erkennen und sind wenigstens ebenso schlagwettersicher wie die tragbare elektrische Grubenlampe.

Die Schlagwetteranzeiger „Wetterlicht" und „Siegfried" zeigen Grubengas ebenfalls an, lassen aber den Gehalt an Grubengas nicht so genau wie die oben genannten Schlagwetteranzeiger erkennen; auch erfüllen sie nicht die wichtige Bedingung, daß die Gefahr der Schlagwetterentzündung nicht nur bei der Handhabung, sondern auch bei etwaiger Beschädigung des Anzeigers nicht größer als bei der tragbaren elektrischen Grubenlampe sein darf.

Demgemäß sind die Bewerbungen „Nelly", „Carbofer" und „Gnom" durch Teilpreise in Höhe von 2000 ℳ, 1500 ℳ und 1500 ℳ, die Bewerbungen „Wetterlicht" und „Siegfried" durch lobende Erwähnung ausgezeichnet worden. [N 445] Gw.

Die Krise der Steinkohlenwirtschaft.

Die Lage des Weltkohlenmarktes ist immer ein zuverlässiges Barometer für die gesamte Konjunktur gewesen. Es ist deshalb wichtig, die Gründe für die heutige Krise in der Steinkohlenwirtschaft der Welt, insbesondere Deutschlands, kennenzulernen, worüber Fr. F r ö l i c h in „Technik und Wirtschaft" (Bd. 18 November 1925) eingehende Untersuchungen angestellt hat.

Der Steinkohlenbergbau der Welt, der in seiner Ausgestaltung die Entwicklung der letzten Jahrzehnte berücksichtigt hat, sieht sich in seinen Erwartungen getäuscht. Seine Einrichtungen werden heute nur zu etwa 4/5 oder weniger ausgenutzt. Dementsprechend sind seine Gestehungskosten vergrößert, und diese Verteuerung der Kohle leistet an sich schon einer Verminderung des Verbrauches Vorschub. Der Rückgang wird nun weiter noch vergrößert durch die Krise innerhalb der gesamten deutschen Industrie, vor allem der S c h w e r i n d u s t r i e, durch die Fortschritte der Energietechnik und die Erfolge sparsamer Wärmewirtschaft einerseits, dann aber auch durch die vermehrte Verwendung von Ersatzmitteln, wie Braunkohle, Erdöl und Wasserkraft. Allein in den Vereinigten Staaten eilt die Kohlenförderung unter Berücksichtigung der gesteigerten Verwendung von Öl und Ausnutzung von Wasserkräften dem Bedarf um zehn Jahre voraus.

Von einer Überproduktion kann aber nicht einmal gesprochen werden; denn die Weltkohlenförderung, die 1924 entsprechend dem Entwicklungsgang des Verbrauches in den letzten Jahren 1500 Mill. t hätte betragen können, betrug nur 1167, die deutsche Förderung statt 185 nur 119 Mill. t.

Es handelt sich mithin lediglich um eine Absatzkrise, die in Deutschland durch die gewaltige Entwicklung des Braunkohlenbergbaues infolge des Krieges noch verschlimmert wird. Der Ersatz der Steinkohle durch Öl und dessen Mehrförderung hat sich in Deutschland weniger bemerkbar gemacht als in der übrigen Welt. Auch der Ausbau der deutschen Wasserkräfte ist nicht von entscheidendem Einfluß gewesen, sondern hat sich, was die Leistung der eingebauten Maschinen anlangt, durchaus im Rahmen der Gesamtsteigerung gehalten und ist in der Menge der abgegebenen Arbeit sogar gegenüber der Gesamtmenge zurückgegangen.

Solange bis die wertvollen Bestandteile der Kohle, die bei der heutigen Verwertung nur unvollkommen ausgenutzt werden, einer wirtschaftlichen Gewinnung zugeführt werden können und bis der hierbei erzielte Nutzen die Mindererträgnisse der Steinkohlenförderung wirtschaftlich ausgleichen wird, so lange haben wir als einziges Mittel zur Behebung der jetzigen Krise nur die

Steigerung des Absatzes von Steinkohlen für Feuerungszwecke.

Das beste Mittel hierzu ist der Preisabbau. Diesem stehen aber die hohen Selbstkosten gegenüber; allein die reinen Lohnkosten machen 60 vH aus, dazu kommen Steuern, soziale Abgaben usw. Der Absatzsteigerung stehen ferner die Frachtentarife in ihrer jetzigen Höhe hemmend entgegen. [N 1169] Dr. Fr.

Thermodynamische Gleichungen für schweflige Säure.

Berichtigung. In der Abhandlung von Dr.-Ing. Rudolf Landsberg in Z. Nr. 50 muß auf S. 1578 die letzte Gleichung heißen:

$$s = 0{,}1093 \ln T + 2 \cdot 10^{-4}\, T \quad . \; . \; . \; . \; . \qquad [N\ 1241]$$

BÜCHERSCHAU.

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch den VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7, Abteilung Sortiment, bezogen werden.

Holzdaubenrohre. Von Herbert Rabowsky. Berlin 1925, VDI-Verlag, G. m. b. H. 68 S. m. 62 Abb., 8 Zahlentaf. und einer graphischen Darstellung. Preis geh. 8 *M*, Mitglieder des V. d. I. 7,20 *M*.

Die neuzeitliche Eisenindustrie hat das Holz als Baustoff fast überall verdrängt; so insbesondere im Rohrleitungsbau. Die Erfahrungen der letzten Jahrzehnte lehren aber, daß die meisten Metalle — und vor allem Eisen — von Wässern, die viel Luftsauerstoff und freie Kohlensäure enthalten, stark angegriffen und in vielen Fällen schnell zerstört werden. Dieser Umstand und das Bestreben, den Rohrleitungsbau gegebenenfalls zu verbilligen, haben wieder das Holz als Rohrbaustoff auf den Plan gestellt. Im Gegensatz zu den bereits im Altertum verwendeten hölzernen Leitungen, die sich aus durchbohrten Holzstämmen (sogenannten Deicheln) zusammenfügten, setzt der neuzeitliche Rohrleitungsbau die Rohre aus einzelnen Lamellen (Dauben) zusammen, wodurch wesentlich an Stoff gespart und zugleich die Möglichkeit geschaffen wird, Holzrohre bis zu mehreren Metern Durchmesser und in brauchbarer Beschaffenheit herzustellen. Die Heimat dieser Daubenrohre ist Amerika. Es muß dem Verfasser als hohes Verdienst angerechnet werden, daß er uns in seinem Buche mit einem technischen Herstellverfahren bekannt macht, das in Deutschland noch ziemlich unbekannt und weitester Beachtung wert ist. Rabowskys Schrift ist ein klarer Wegweiser und Ratgeber für alle, die mit dem Rohrleitungsbau zu tun haben.

Die Schrift bringt neben Geschichtlichem Einzelheiten über die technischen Eigenschaften des Holzes, Konstruktionsteile, Herstellverfahren, die Grundlagen für die statische Berechnung der Rohre und eine höchst wertvolle Abhandlung über die Hydraulik der Holzdaubenrohre nebst Zahlentafeln. Den Schluß des Buches bilden Beschreibungen ausgeführter Anlagen, Prüfungsfragen, kritische Bemerkungen usw. nebst ausführlichem Literaturnachweis. Beigefügt ist eine graphische Darstellung zur Bestimmung der lichten Weiten und der Reibungsverluste.

Die Ausstattung ist mustergültig, insbesondere was Druck und klare Bilder angeht. Alles in allem stellt die Arbeit Rabowskys eine wertvolle Bereicherung des deutschen technischen Schrifttums dar und wird gewiß dazu beitragen, den Bau von Holzdaubenrohren zu fördern. [E 1171] E. Prinz.

Die Feile und ihre Entwicklungsgeschichte. Von Otto Dick. Berlin 1925, Julius Springer. 251 S. m. 278 Abb. Preis 18 *M*.

Das Buch stellt eine erschöpfende Monographie der Feile dar. Die Geschichte ihrer Entwicklung vom primitiven Werkzeug zum heutigen Präzisionswerkzeug und ihre Bedeutung für die menschliche Kultur wird in sehr lebendiger und frischer Form behandelt, wobei die zahlreichen guten Abbildungen die Lektüre auch für den Nichttechniker leicht verständlich und sehr anregend machen. Darüber hinaus gibt Dick aber auch ein gutes Lehrbuch und Nachschlagebuch, das dem Fachmann wertvolle Aufklärung bietet.

Nach einer eingehenden Beschreibung der wichtigsten Maschine zur Herstellung von Feilen, der Feilenhaumaschine, entwickelt der Verfasser die Forderungen, denen eine gute Feile genügen muß, und begründet die Ausführungen durch theoretische Betrachtungen. Hieran schließt sich eine Darstellung der Fertigung, deren einzelne Vorgänge sehr gründlich behandelt werden; das macht diese Abschnitte für den Praktiker besonders wertvoll. Interessant sind auch hier wieder die geschichtlichen Rückblicke, wie z. B. beim Härten. Das Buch kann jedem, der als Praktiker oder Wissenschaftler mit Feilen irgendwie zu tun hat, angelegentlichst empfohlen werden. [E 1143] Prof. Dr. Schmitz.

Gaserzeuger in Glashütten. Herausgegeben von der Wirtschaftlichen Beratungsstelle der Glashütten in Frankfurt a. M. 1925. Selbstverlag der Beratungsstelle. 42 S. m. 18 Abb.

Nach dem Vorwort der Schrift wurde ihr Zweck von den Herausgebern darin gesehen, dem technischen Personal der Glashütten in knapper, aber leicht verständlicher Form Richtlinien für einen wirtschaftlichen Betrieb der Gaserzeuger zu geben und außerdem alles zu erörtern, was anläßlich der zunehmenden Umstellung vom Betriebe mit natürlichem Zug auf geblasene Gaserzeuger bei der Wahl der aufzustellenden Gaserzeuger beachtet werden sollte. Es kann gesagt werden, daß die Schrift dem beabsichtigten Zweck in ausgezeichneter Weise gerecht wird und trotz des kleinen Umfanges eine wohl abgerundete Darstellung der Einrichtung und der Wirkungsweise der Gaserzeuger und der daran gemachten Betriebserfahrungen enthält.

Nach einem kurzen theoretischen Teile, der die im Gaserzeuger sich abspielenden Vorgänge auf Grund der üblichen Anschauungen behandelt, werden dann der Reihe nach der Einfluß der Brennstoffbeschaffenheit auf den Gaserzeuger, die wichtigsten für Glashütten in Frage kommenden Bauarten, die Hilfseinrichtungen und der Betrieb der Gaserzeuger ziemlich erschöpfend besprochen. In einem Anhange sind dann noch die Formeln zusammengestellt und an der Hand von Zahlenbeispielen erklärt, die zur Berechnung der Brennstoff- und des Gasheizwertes, der Gasausbeute, des Gaserzeugerwirkungsgrades usw. dienen.

Wenn die Beratungsstelle sich dabei auch mit Absicht auf die in Glashütten üblichen Einrichtungen beschränkt hat, so kann das Büchlein wegen der sehr geschickten und klaren Darstellungsweise und der Fülle von Erfahrungen, die darin niedergelegt sind, doch als eine der wertvollsten Veröffentlichungen auf dem Gaserzeugungsgebiete erklärt werden. Besonders beachtenswert dürften für die Leser die in der Schrift zum Ausdruck kommenden, offen und ungeschminkt dargelegten Ansichten der Herausgeber zur Frage der Verwertung minderwertiger Brennstoffe und zur Angelegenheit der Urteergewinnung sein. Die Vorsicht, die hier den Glashütten empfohlen wird, ist bei dem heutigen Stande der Gaserzeugungstechnik sicherlich noch zu einem großen Teile berechtigt; es ist aber zu hoffen, daß bald möglichst einfache Lösungen der vorstehenden, sehr wichtigen Fragen gefunden werden, die auch für Glashütten und sonstige mittlere und kleinere Betriebe wirklich anwendbar sind.

[E 736] Loschge.

Die hydraulischen Einrichtungen des Maschinenlaboratoriums der Staatlichen Württembergischen Höheren Maschinenbauschule in Eßlingen am Neckar. Von Prof. Dr.-Ing. Staus. Berlin 1925, Julius Springer. 57 S. m. 46 Abb. Preis geb. 3,60 *M*.

Die kleine Schrift beschränkt sich nicht auf eine beschreibende Wiedergabe der Instituteinrichtungen, sondern bringt in zeichnerischer Darstellung auch Versuchsergebnisse. Dadurch erhält man die Möglichkeit, sich ein Bild von der Leistungsfähigkeit der Maschinen und Geräte zu machen. Ein breiter Raum ist der Wassermessung mittels des hydrometrischen Flügels gewidmet. In einem Anhang ist die Messung kleinster Wassergeschwindigkeit besonders behandelt. Die Eichung des Flügels durch Schleppversuche, die Anwendung auf praktische Wassermessung und der Vergleich der Meßergebnisse mittels Flügels und Überfalles spricht bei einer Meßgenauigkeit von 0,5 bis 1,0 vH für die praktische Brauchbarkeit der Flügelmessung. [E 1120]

Die Grundzüge der technischen Wärmelehre. Von Gustav Puschmann. 3. erw. Aufl. Leipzig 1925, Max Jänecke. 242 S. m. 64 Abb. Preis 5,80 *M*.

Merkbuch für den Schmelzschweißer 1926. Hrsg. v. Verband für autogene Metallbearbeitung e. V. Hamburg 1926, Hanseatische Verlagsanstalt. 212 S. m. versch. Abb. Preis 2,50 *M*.

Kalibergbaukunde. Von Ing. Spackeler. Halle a. S. 1925, Wilhelm Knapp. 284 S. m. 90 Abb. Preis geh. 12 *M*, geb. 14,20 *M*.

Kalk-Taschenbuch 1926. 4. Jg. Herausg. vom Verein Deutscher Kalkwerke e. V. Berlin 1926, Kalkverlag G. m. b. H. 75 S. m. versch. Abb. Preis 1 *M*.

Rundfunktechnisches Handbuch. Teil 1. Herausg. von Heinrich Wigge. Berlin 1925, M. Krayn. 343 S. m. 563 Abb. Preis 15 *M*.

Von deutscher Geistesarbeit und deutscher Wirtschaft. Von Otto Everling. Berlin 1925, Deutsche Rundschau G. m. b. H. 27 S. Preis 0,80 *M*. (Schrift. d. Vereinigg. d. Deutsch. Arbeitgeber-Verb. H. 12.)

Adreß- u. Export-Handbuch der Maschinen-, Metall- u. elektrotechnischen Industrie. 2. Ausg. 1925 u. 1926. Bearb. von Herbert Loesdau. Berlin 1925, Ala-Anzeigen-Gesellschaft A.-G. Etwa 1350 S. m. versch. Abb. u. Karten. Preis geb. 40 *M*.

Deutschland aus der Vogelschau. Bearb. von Erich Ewald. Herausg. von H. de Fries. Berlin 1925, Otto Stollberg & Co. 216 S. m. 250 Abb. Preis 25 *M*.

Quer durch die Alpen. Von Friedrich Saxer. Zürich 1925, Rascher & Co. 80 S. m. 28. Abb. Preis 1,20 *M*.

Artilleristische Rundschau. Zweimonatsschrift f. d. ges. Artilleriewesen. Jg. 1, H. 1, April 1925. München 1925, Barbara-Verlag. 64 S. Jährl. 6 Hefte. Preis jährl. 6 *M*.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION.

Die Grundlagen zur Einführung rationeller Methoden in der Fabrikwirtschaft.

In einem Aufsatz in Z. Bd. 69 (1925) S. 1133 mit obigem Titel behandelt Professor Schilling die Grundlagen der Betriebsbuchhaltung und Selbstkostenrechnung und glaubt wesentliche Unterschiede zwischen seiner Auffassung bzw. Darstellungsweise und der bisher üblichen Auffassung, wie sie beispielsweise kürzlich in der vom Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten E. V. herausgegebenen Schrift „Selbstkosten-Nachrechnung und Buchhaltung in Maschinenfabriken" zum Ausdruck komme, feststellen zu können. Es dürfte deshalb zur Klärung der Ansichten beitragen, wenn hier die Grundgedanken der Arbeit des VDMA kurz skizziert und beide angeblich verschiedenen Auffassungen vergleichend erörtert werden.

Der VDMA betrachtet den Fabrikationsvorgang als einen Wertkreislauf, der vom Geld als Grundwert ausgeht und wieder zu diesem zurückführt. Dabei kann man folgende vier Stufen und dementsprechend vier Wertegruppen unterscheiden, Abb. 1[1]) und Zahlentafel 1.

1. Ursprünglich mag nur Geld vorhanden sein. Von diesem Gelde werden zunächst Fabrikationseinrichtungen (Anlagen) und Roh- und Hilfsstoffe (Material) beschafft. Im Augenblick des Fabrikationsbeginnes sind also vorhanden
   a) Anlagen (Grundstücke, Gebäude, Maschinen und sonstige Einrichtungen, wozu auch immaterielle Werte, wie Patente und sonstige Rechte, gehören),
   b) Fertigungs- und Hilfsstoffe (Material),
   c) noch nicht in Anlagen und Material steckendes Geld.

   Diese Werte kann man als Ausgangswerte bezeichnen.
2. Aus ihnen entstehen durch Verbrauch von Fertigungs- und Hilfsstoffen, Aufwendungen von Geld für Löhne, Gehälter, Steuern, Frachten u. a., Verbrauch von Anlagen (Abschreibungen), kurz durch Aufwendungen, zunächst die Halbfabrikate, d. h. Erzeugnisse in verschiedenen Stufen der Bearbeitung.
3. Aus den in Arbeit befindlichen werden die fertigen Erzeugnisse.
4. Die fertigen Erzeugnisse werden verkauft, also wieder zu Geld gemacht, das zu neuer Verwendung zur Verfügung steht. Damit ist der Kreislauf geschlossen.

Bei der Verwertung der Erzeugnisse ergibt sich Gewinn oder Verlust, die als besondere, vierte Wertegruppe zu behandeln sind. Dieser Wertkreislauf und die angegebenen Wertstufen sind aus Abb. 1 ohne weiteres ersichtlich.

Den Wertestufen entsprechen, wie das Schema, Abb. 1, ebenfalls zeigt, wenn man den Kreislauf verfahrenmäßig (funktionell) betrachtet, Arbeits- oder Erzeugungsstufen, nämlich Bereitstellung der Geldmittel, Anlagen und Rohstoffe, Verarbeitung der Rohstoffe zu Halb- und Fertigerzeugnissen, Verwertung der Erzeugnisse. Die Werte sind also entsprechend der fortschreitenden Erzeugung gruppiert. Innerhalb der Erzeugungsstufen sind die Werte ferner nach Wertarten gegliedert, so die Ausgangswerte in die Wertarten Geld, Anlagen, Material; die Aufwendungen in die Wertarten Materialverbrauch, Löhne, Abschreibungen usw. Die Unterteilung nach Wertarten erfolgt in der Praxis mittels Konten. Diese sind in dem Schema durch die bekannten Kontensymbole angedeutet.

Um das Schema zu vereinfachen, sind eine Anzahl Wertarten, wie Gehälter, Steuern, Frachten usw., unter der Bezeichnung „Verschiedenes" zusammengefaßt. In der praktischen Durchführung der Selbstkostenrechnung und Buchhaltung müssen diese Wertarten natürlich auseinandergehalten werden, wie in der Schrift des VDMA gezeigt ist. Nur Wertarten, deren Beträge verhältnismäßig klein sind, so daß ein besonderes Konto dafür nicht die Mühe lohnt, dürfen auf einem Konto „Verschiedenes" zusammengefaßt werden.

Der geschilderte Kreislauf der Werte und die entsprechende gleichzeitige Umwandlung der Werte (Geld, Anlagen und Material in Halbfabrikate, fertige Erzeugnisse, Geld) vollzieht sich in den verschiedenen Abteilungen, Werkstätten, Bureaus, Arbeitsplätzen, Arbeitsmaschinen, kurz den „Stellen" des Unternehmens. Die in den Stellen in einem bestimmten Augenblick vorhandenen Werte kann man durch ein schachbrettartiges Schema darstellen, in dem in der einen Richtung die Wertarten angegeben sind, in der anderen Richtung die Stellen, wie das nachstehende Schema für die Wertegruppe der Aufwendungen zeigt, Zahlentafel 1. Man könnte diese Aufteilung für alle oben erwähnten Wertegruppen vornehmen. Sie hat aber praktische Bedeutung nur für die Wertegruppe der Aufwendungen, und zwar besonders für den Teil der Aufwendungen, die man als Unkosten oder Gemeinkosten bezeichnet. Diese werden bekanntlich in der Weise auf die Erzeugnisse verrechnet, daß man die Gemeinkosten zunächst angemessen auf die verschiedenen Stellen umlegt, dann durch Gegenüberstellung der Stellenkosten und der Einzel- (oder produktiven) Kosten Zuschlagsätze berechnet, mit deren Hilfe schließlich die Gemeinkosten auf die Erzeugnisse kommen. Das Schema entspricht dem bekannten Kosten- und Stellenplan, wie er in dem „Grundplan" des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung (AWF) und auch in der Schrift des VDMA enthalten ist. Die Stellen sind in dem Schema nur durch die drei Hauptstellen: Materialwesen, Fertigung und Vertrieb angedeutet. Daß diese Hauptstellen in der Praxis in zahlreiche weitere Stellen aufgeteilt werden, ist bekannt. Die Grundsätze hierfür sind in der Schrift des VDMA angegeben.

Es ergibt sich also eine Gliederung der Werte nach drei verschiedenen Richtungen:

nach Erzeugungsstufen oder Erzeugnissen,
nach Wertarten und
nach Stellen (Kostenstellen).

Diese dreifach gerichtete Gliederung kann man auch durch ein dreidimensionales Gebilde, z. B. ein Prisma, darstellen, wie Abb. 2 zeigt. Die linke, sichtbare Grenzfläche des Prismas zeigt die Gliederung der Werte nach Wertarten und Stellen, also nach zwei Richtungen; senkrecht dazu ist in der oberen Grenzfläche die Gliederung nach Erzeugungsstufen angegeben.

Wieweit stimmt diese Darstellung nun mit der Schillingschen überein, welche Unterschiede bestehen, und worin sind diese begründet?

Schilling ordnet die „durch eine Fabrik zusammengeschlossenen Wertteile" nach drei Grundplänen: dem Arten-, dem Erzeugnis- und Verfahrenplan sowie dem Stellenplan. Dies ist grundsätzlich genau die gleiche Ordnung wie in der Darstellung des VDMA. Diese Ordnung wird wohl überhaupt als grundlegend

Zahlentafel 1. Schema der Aufwendungen, gegliedert nach Stellen.

Wertarten (Kostenarten)	Stellen		
	Materialwesen	Fertigung	Vertrieb
Abschreibungen			
Materialverbrauch			
Löhne und Gehälter . . .			
Verschiedenes			

Abb. 1. Kreislauf und Aufschreibung der Werte (Vermögenskreislauf).

[1]) Dieses Schema entspricht grundsätzlich dem Schema 8 b der erwähnten Schrift, in dem die vom VDMA aufgestellten Grundsätze rein zum Ausdruck kommen, während das von Schilling herausgezogene Schema 9 eine in der Praxis gebräuchliche Form organisatorisch getrennter Buchhaltung und Nachrechnung darstellt, bei der außerdem verschiedene Einzelheiten, die an vorhergehenden Stellen der Schrift behandelt worden sind, zusammengezogen oder weggelassen wurden, um ein möglichst übersichtliches Schema zu erhalten. Diese darstellerischen Vereinfachungen werden z. T. von Schilling als Mängel des Systems gedeutet. Gegenüber dem Schema 8b der Schrift wurden im nebenstehenden Schema, Abb. 1, einige für die vorliegende Betrachtung unwesentliche Einzelheiten (Zwischenerzeugnisse, Instandhaltungs-, Anlagenaufträge) weggelassen; gleichzeitig wurden die hier gebrauchten grundsätzlich-theoretischen Bezeichnungen hinzugefügt, die in der erwähnten, für den praktischen Gebrauch bestimmten Schrift unnötig waren und dort nur verwirrend gewirkt hätten. Der Theorie zuliebe ist ferner für den Materialverbrauch ein besonderes Konto angegeben. In Schema 8b der Schrift ist das nicht geschehen, weil ein solches Konto praktisch nicht notwendig ist. Denn der Materialverbrauch tritt auf dem Fabrikationskonto als Einzelmaterial und in den Kostenstellen als Hilfsmaterial in Erscheinung.

Abb. 2. Werteplan.

angesehen werden müssen. Sie findet sich auch in dem „Grundplan der Selbstkostenrechnung" des AWF, der die Kosten nach Kostenträgern, Kostenarten und Kostenstellen gliedert. Schillings Artenplan umfaßt aber nicht nur die Kosten, sondern sämtliche Werte in einem Unternehmen. Dies tut grundsätzlich auch die Darstellung des VDMA. Da es sich jedoch bei dieser in erster Linie um die Selbstkostenrechnung und Betriebsbuchhaltung handelt, so sind die sonstigen Wertverhältnisse in einem Unternehmen nur soweit berücksichtigt, wie es für die Kenntlichmachung des grundsätzlichen Zusammenhanges aller Wertaufschreibungen in einem Unternehmen notwendig erschien. Z. B. sind die verschiedenen Wertbeziehungen eines Unternehmens zur Außenwelt: Schuldner- und Gläubigerverhältnisse, Beteiligungen usw. nur durch das Konto „Geld" angedeutet. Überhaupt ist zu beachten, daß Schilling die gesamte Fabrikwirtschaft darstellen will, während, wie gesagt, der VDMA nur ein Teilgebiet behandelt. Hinzu kommt, daß Schilling das Hauptgewicht auf das Grundsätzliche legt, während der VDMA den Zweck verfolgt, den Maschinenfabriken eine Anleitung zur praktischen Durchführung der Selbstkostenrechnung und Betriebsbuchhaltung zu geben. Hieraus ergeben sich natürlich Unterschiede in der Darstellungsweise. In der Schrift des VDMA steht das Grundsätzlich-Theoretische gewissermaßen zwischen den Zeilen. Und während Schilling die drei Grundpläne, Arten-, Stellen- und Erzeugungsplan gleichwertig behandelt, kommen sie in der Darstellung des VDMA nur in dem Maße zur Geltung, wie sie für die Selbstkostenrechnung und Betriebsbuchhaltung von Bedeutung sind. So sind z. B. die Stellen nur als Hilfsmittel der Gemeinkostenermittlung und Verrechnung erörtert. Das rechtfertigt ihre gesonderte Darstellung neben den Erzeugungsstufen. Denn beide, Stellen und Erzeugungsstufen, fallen bei der im deutschen Maschinenbau am meisten vorkommenden Erzeugungsweise, Einzel- und wechselnde Reihenherstellung verschiedener Gegenstände, nicht zusammen. Dies tritt nur ein bei der reinen Fließfertigung, bei der ein einziger Erzeugungsgegenstand nacheinander verschiedene Stellen durchläuft und bei der jeder Stelle eine bestimmte Erzeugungsstufe, ein bestimmter Zustand der Herstellung entspricht. Bei dieser würden auch in der Darstellung des VDMA Kostenstellen und Erzeugungsstufen sich decken.

Bei der üblichen wechselnden Einzel- und Reihenherstellung können die Kosten der verschiedenen Erzeugungsstufen nur durch entsprechende Erzeugungs- oder Fabrikationskonten erfaßt werden. Wollte man z. B. auch noch die Kosten der Erzeugungsstufe „Vorbereitung" für sich feststellen, was allerdings sehr wünschenswert wäre, so könnte dies geschehen, indem von dem Fabrikationskonto (in Arbeit) ein Konto „Arbeitsvorbereitung" oder „In Vorbereitung" abgespalten und auf diesem alle Kosten der Vorbereitung gesammelt würden. Die Verrechnung auf verschiedene Erzeugnisse würde auch wieder nur über die an der Vorbereitung beteiligten Kostenstellen und mittels entsprechender Zuschläge geschehen können. Eine weitergehende Gliederung der Erzeugungsstufen würde also auf eine weitergehende Unterteilung der Erzeugungskonten hinauskommen.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen der Schillingschen Darlegung und der Darstellung des VDMA besteht insofern, als in der Schillingschen Darstellung der Arten-, der Stellen- und der Erzeugungsplan unverbunden nebeneinander stehen; es wird lediglich nachgewiesen, daß zwischen je zwei Plänen eine Wertgleichung besteht. Diese Erkenntnis ist allerdings sehr wertvoll. Auf ihr beruht die Möglichkeit zu organisatorischer Hintereinanderschaltung der verschiedenartigen Wertgruppierungen. Auf ihr beruht auch die Möglichkeit zwangläufiger wechselseitiger Kontrolle von Nachrechnung und Buchhaltung. Und diese Möglichkeiten werden von der Praxis ausgenutzt, wie dies in der Schrift des VDMA angegeben ist. Hierin werden die drei Grundpläne, Arten-, Stellen- und Erzeugungsplan in einen organisatorischen Zusammenhang gebracht, und es wird gezeigt, wie bei der buchhalterischen und rechnerischen Verfolgung des oben geschilderten Wertkreislaufes die Aufschreibungen nach Arten, Stellen und Erzeugnissen zwangläufig ineinandergreifen. Infolgedessen treten, wie es nicht anders sein kann, die drei Grundpläne nicht mehr jeder für sich hervor; sie kommen aber durchaus zur Geltung.

So zeigt sich, daß zwar die Darstellungsweise des VDMA gemäß ihrem praktischen Zweck von der theoretischen Darstellung Schillings abweichen muß, daß sie aber den von Schilling entwickelten Grundsätzen, die — abgesehen von Einzelheiten — als richtig anerkannt werden, entspricht. Sie erfüllt auch die von Schilling mit Recht erhobene Forderung, daß eine richtig durchgeführte Organisation der Selbstkostenrechnung und Betriebsbuchhaltung eine schnelle Erfolgrechnung und die Aufstellung von Verhältnis- und Vergleichsziffern ermöglichen müsse. Man kann bei der von dem VDMA angegebenen Organisation ohne besondere Schwierigkeiten monatliche Zwischenbilanzen aufstellen; und Vergleichsziffern (oder Standardziffern nach amerikanischem Beispiel) werden von dem VDMA bereits ermittelt und von seinen Mitgliedern benutzt. Die weitere Schillingsche Forderung, daß „stehende" und „umlaufende" Werte getrennt werden müssen, wird — soweit diese Forderung praktisch berechtigt ist — insofern erfüllt, als die stehenden Werte im Schillingschen Sinne (das gesamte Ausgangsvermögen) in der Ausgangsbilanz stehen, während die umlaufenden Werte jederzeit aus den Salden der Buchhaltungskonten ersichtlich sind. [D 1014]

Berlin-Schlachtensee. Schulz-Mehrin.

Entgegnung.

Mein Aufsatz verfolgt den Zweck, eine Grunddarstellung für den Aufbau der Verwaltung eines Unternehmens oder irgendeines Zusammenschlusses zu geben.

Der Sinn einer solchen Grunddarstellung ist der jeder wissenschaftlichen Darstellung überhaupt, nämlich bestimmte, immer gültige Gesetzmäßigkeiten und Beziehungen zu finden, die sich sinngemäß auf alle Einzelfälle anwenden lassen. Daß sich demnach umgekehrt jede beliebige, für einen einzelnen Erwerbszweig bestimmte oder Sonderfragen behandelnde Darstellung, vorausgesetzt daß sie richtig ist, auf die Grunddarstellung zurückführen lassen muß, ist selbstverständlich. Wie weit diese Zurückführung hinsichtlich der Schrift des VDMA durch obenstehende Ausführungen von Schulz-Mehrin gelungen ist, will ich dahingestellt sein lassen.

Berlin. [D 1014] Prof. Schilling.

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19.

V·D·I

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

Bd. 69 Berlin, 4. Juli 1925 Nr. 27

Aus dem Inhalt ✶ Städteheizung / Neuzeitliche Herstellverfahren / Dampfkesselwesen in den Vereinigten Staaten von Amerika / Wesen und Verwertbarkeit der Kohlen / 2E1-Personenzuglokomotive / Wärmeübergang bei kondensierendem Heißdampf / 64. Hauptversammlung des V. d. I. / Hydrauliktagung / Rundtischfräsmaschine. ✶ **Seite 889 bis 916**

(Vollständiges Inhaltsverzeichnis am Schluß des Textteiles.)

Anzeigenpreise und Bezugsbedingungen auf Anzeigenseite 118.

O&K

MONTANIA-MOTOR-LOKOMOTIVEN

FÜR BENZOL,-BENZIN,-SPIRITUS-ODER PETROLEUM-BETRIEB

Abſolut betriebsſicher bei größter Leiſtungsfähigkeit
und geringen Betriebskoſten. Einfache Bedienung.
Stets fahrbereit. Hohe Feuerſicherheit.

Für Schmal-und Normalſpur ſtets ſofort oder kurzfriſtig lieferbar.

ORENSTEIN & KOPPEL A-G • BERLIN SW

Das große geschlossene
Programm der Schmiede
bringt nur
EUMUCO

Wir bauen:
Lufthämmer,
Dampfhämmer,
Fallhämmer,
Hydr. Pressen,
Adjustage-
Hütten- u.
Schmiede-
Maschinen,
Nietmaschinen,
Warm-Fräsen
und Sägen.

4780

EULENBERG, MOENTING & Co. M.B.H.
MASCHINENFABRIK UND EISENGIESSEREI
SCHLEBUSCH-MANFORT BEI KÖLN UND DÜSSELDORF

THYSSEN & CO., AKT.-GES.
ABT. MASCHINENFABR., MÜLHEIM-RUHR

Gleisplattformwagen.

Mitteilung der AEG.

Die meisten größeren Werke besitzen Gleisanlagen, die zur Beförderung der Rohstoffe und Werkstücke innerhalb des Werkes zwischen den einzelnen Abteilungen dienen. Die Gleise sind teils mit Regelspur im Anschluß an die Eisenbahn, teils mit Schmalspur ausgeführt. Zur Beförderung der verschiedenen Güter werden kleine Plattformwagen benutzt, die in den meisten Fällen von Hand verschoben werden. Nur selten und auch meist nur bei Regelspur wird eine Lokomotive benutzt. Die Folge ist, daß verhältnismäßig viele Arbeitskräfte für diese an sich unproduktive Arbeit benötigt werden, wodurch sich die Gestehungskosten im allgemeinen erhöhen.

Bild 1. Plattformwagen.

Diese Verhältnisse können durch Verwendung von elektrisch angetriebenen Plattformwagen bedeutend verbessert werden. Die AEG hat für diese Zwecke verschiedene Fahrzeuge für Regelspur und für Schmalspur herausgebracht, die für eine Tragfähigkeit von 3,5 bis 30 t ausgeführt werden. In den Bildern 1 bis 3 ist ein derartiger Wagen für Regelspur und für 3,5 t Tragfähigkeit dargestellt. Er besteht in der Hauptsache aus einem **kräftigen, zweiachsigen, durch Eck- und Querverbindungen gut versteiften Rahmen aus Walzeisen, der mit Holzbohlen abgedeckt ist. Der Rahmen ist durch Blattfedern gegen die Achslager und Achsen abgefedert. der Wagen hat an einem Ende einen Führerstand, auf dem sich in handlicher Anordnung Bremshebel und Fahrschalter, ferner die Sicherungen und der Ladestecker befinden. Der Führer kann den Fahrschalter stehend oder auf der Plattform sitzend bequem bedienen. Das Bremsen des Wagens erfolgt durch eine zweiklötzige Handbremse mit Wurfhebel.**

Bild 2. Plattformwagen, Führerstandseite.

Zum Antrieb des Wagens dient ein 5PS-Motor, der unter Vermittlung eines doppelten Vorgeleges eine der beiden Laufachsen antreibt. Die Zahnräder des Vorgeleges sind gefräßt u. durch dicht schließende Schutzkästen gegen Staub u. Schmutz gesichert. Der Motor entnimmt seinen Strom einer zwischen den beiden Achsen aufgehängten Akkumulatorenbatterie. Die Batterie hat **eine Kapazität von** 58 Ah bei einstündiger Entladung. **Das Schalten erfolgt durch einen mit Handrad versehenen Fahrschalter. Ein Teil des Holzbohlenbelags der Plattform ist abnehmbar eingerichtet, so daß Batterie und Motor leicht zugänglich sind.**

Der Wagen wiegt 3,8 t und befördert eine Nutzlast von 3,5 t mit einer Geschwindigkeit von 7,5 km/h. Mit einer Batterieladung kann er etwa 20 km zurücklegen.

Die Längsträger des Wagens sind an den Enden mit Pufferplatten aus**gerüstet, damit der** Wagen auch zum Verschieben von **Eisenbahnwagen benutzt werden kann.**

Die Wagen für Schmalspur sind ähnlich ausgeführt. Sie werden für alle Spurweiten u. alle Lasten gebaut. Auch diese Wagen können mit einer Zug- und Stoßvorrichtung versehen werden, die dann derjenigen der vorhandenen Wagen angepaßt wird. Auf Wunsch können sie ebenso wie die Regelspurwagen mit einem Kran ausgerüstet werden.

Bild 3. Plattformwagen, beladen.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

MASCHINENFABRIK MÜHLEISSEN

40 JAHRE INDUSTRIE-AUFZÜGE VON HÖCHSTER BETRIEBS-SICHERHEIT 1885 1925

AUFZÜGE · KRANE
TRANSPORT-ANLAGEN JEDEM ZWECK ANGEPASST
ELBERFELD-SOB.

Das ideale Fördermittel ist der

ORIGINAL DREISTERN AUFZUG D.R.P.

Denn er gewährleistet:

Größte Ersparnisse
an Transportkosten gegenüber jedem Handbetrieb, sodaß der Anschaffungspreis nach ganz kurzer Zeit amortisiert ist,

Geringste Betriebskosten,
da alle stromverzehrenden Apparate vermieden sind und die einfache Bauart keine besondere Wartung erfordert,

Geringsten Seilverschleiß,
da der große Durchmesser der Trommeln und Seilscheiben starke Biegungsbeanspruchungen ausschließt,

Größte Sicherheit
durch die raschwirkende und stets prüfbare Reglerfangvorrichtung D. R. P.

BEIM DREISTERN AUFZUG NUR ALLEIN KANNST DU VOR ABSTURZ SICHER SEIN

Verlangen Sie Vertreterbesuch!

---

ca. 400 Arbeiter und Angestellte · Dep: Wewag, Werdau. Tel. Nr

WERDAUER
Werkzeugmaschinenfabrik A.-G. Werdau

Große Serienherstellung:
Schnellhobler
Schnelldrehbänke
Spezialmaschinen

Stufen-scheiben-Schnellhobler	S I	S II	S III	S IV
	250	350	450	550
Einscheiben-Schnellhobler		ES II	ES III	
		350	450	

ES II. 350 Hub. Sonder-Ausführung: Selbsttätiger Tiefgang des Hobelkopfes, elektrischer Antrieb, drehbarer Schraubstock.

Bezugsbedingungen (für Nichtmitglieder des VDI)

Die „V. d. I.-Zeitschrift" erscheint wöchentlich. Bezug nur durch den Verlag. Probehefte nur gegen Berechnung.

Inland, Danzig, Memelgebiet:

a) **Bestellung:** Abonnements können jederzeit aufgegeben werden, müssen jedoch mit Quartalswechsel beginnen und im voraus bezahlt werden. Die Zeitschrift wird, falls Abbestellung vier Wochen vor Quartalsschluß nicht erfolgt, immer auf ein Vierteljahr weitergeliefert.
b) **Lieferung:** Zustellung erfolgt durch Postüberweisung. Beschwerden über Unregelmäßigkeiten in der Zustellung sind direkt an das zuständige Postamt zu richten.
c) **Bezugspreis:** Für 1925 ganzjährlich G.M. 40,—, vierteljährlich G.M. 10,—, Einzelheftpreis G.M. 1,75, für Mitglieder G.M. 1,50.

Dtsch.-Oesterreich, Luxemburg, Litauen:

a) **Bestellung:** siehe Inland unter a).
b) **Lieferung:** erfolgt durch Kreuzband.
c) **Bezugspreis:** wie Inland unter c) zuzüglich Porto ganzjährlich G.M. 10,60, vierteljährlich G.M. 2,65 (Zahlungen aus Österreich sind auf das Postsparkassenkonto Wien 18 378 des Herrn R. T. Süß, Wien I, Seilerstätte 16, zu überweisen).

Ausland: a) **Bestellung:** Abonnements können jederzeit bestellt werden, müssen jedoch mit Quartalswechsel beginnen und im voraus für die Zeit bis zum Schluß des laufenden Jahrganges bezahlt werden. Die Zeitschrift wird, falls Abbestellung vier Wochen vor Jahresschluß beim Verlag nicht vorliegt, immer auf ein Jahr weitergeliefert.
b) **Lieferung:** Zustellung erfolgt durch Kreuzband.
c) **Bezugspreis:** wie Inland unter c) zuzüglich der Portokosten von G.M. 21,— ganzjährlich.

Erfüllungsort Berlin-Mitte. — 1 Goldmark = 10/42 USA-Dollar. Notwendig werdende Nachforderungen vorbehalten. Zahlung mit genauer Angabe des Verwendungszweckes auf Postscheckkonto Berlin 102 373 erbeten.

Mitglieder des VDI erhalten die VDI-Zeitschrift mit den VDI-Nachrichten kostenlos, wenn der Beitrag von G.M. 36,— (Ausland G.M. 40,—) an die Geschäftsstelle des VDI, Berlin NW 7, Sommerstr. 4a (Postscheckkonto Berlin 6535) entrichtet ist.

Anzeigenpreise:

1/1	1/2	1/4	1/8	1/16	Seite
360,—	190,—	100,—	55,—	30,—	Goldmark

Nachlaß:	bei 6	18	26	52	Aufnahmen innerhalb Jahresfrist
	5	10	20	30	vH

Eintragungen im Bezugsquellen-Nachweis werden mit G.M. 0,60 für die einspaltige Millimeterhöhe berechnet.
Kleine Anzeigen werden mit Mk. 0,30 je mm Höhe der 27 mm breiten Spalte berechnet. Stellengesuche für Mitglieder mit Mk. 0,22, für Nichtmitglieder mit Mk. 0,27 je mm Höhe.
Annahmeschluß für allgemeine Anzeigen Mittwoch in der Woche vor Erscheinen; für kleine Anzeigen Montag früh in der Erscheinungswoche.
Der Verlag behält sich vor, die Aufnahme von Anzeigen und Beilagen ohne Angabe von Gründen abzulehnen und laufende Aufträge einzustellen. Im übrigen gelten die Bedingungen der Arbeitsgemeinschaft technisch-wissenschaftlicher Zeitschriftenverleger ATZ der folgende Verleger angehören:
VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin. Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf. Verlag Glückauf m. b. H., Essen.

VDI-VERLAG G.m.b.H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7

VDI STELLENGESUCHE VDI

Bergwerksdirektor

Dipl.-Ing. (Masch.-Ing.).

Erste, bewährte Kraft, energische, repräs. Persönlichkeit, langjähriger Leiter großer Braunkohlenwerke, mit besten Erfahrungen in Fabrik-, Gruben- und Abraumbetrieben, Überlandzentralen, großen Ziegeleien, Aufbereitungsanlagen, sucht neuen Wirkungskreis. Gefl. Angebote unter **D. 566** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03156)

Dr.-Ing. Volkswirt D.R.V.

beratender Ingenieur, nimmt Posten an zwecks Sanierung und Neuorganisation notleidender Unternehmungen. Einführung amerik. Arbeitsmethoden auf wissenschaftlicher Grundlage. Erhöhung des Absatzes. Regelung der Finanzen. Gegebenenfalls Beschaffung amerikanischer Kredite. Zuschriften unter **C. 587** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03170)

Werkstattfachmann

31 Jahre alt, ledig, anerkannt unermüdliche Arbeitskraft, mit reichen Erfahrungen in der Serien- und Massenfabrikation, im Werkzeug- und Vorrichtg., neuzeitl. Betriebsführung einschließlich Akkordwesen, sucht, gestützt auf gute Zeugnisse u. Ref. für bald oder später aussichtsreichen Wirkungskreis. (03169)

Leit. Ingenieur

mit langj. Werkstatt-, Betriebs- und Büro praxis, Spezialist für

Zahnradgetriebe

sucht, gestützt auf seine erfolgreiche Tätigkeit in Werbung, Projektierung, Kalkulation, Konstruktion, Verkauf u. Reise, selbst. Stellung zur groß. Durchführung ob. lohn. Spezialität in modern eingerichteter Maschinenfabrik mit schw. Werkzeugmasch. und mit leistungsfäh. Eisengießerei. Lage Mitteldeutschland bezw. rechtsrheinisch.
Angebote erb. unter **P. 467** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03047)

Akademisch gebildeter (03125)

Ingenieur

45 Jahre alt, 20 Jahre in einer Firma der chemischen Großindustrie, davon 5 Jahre in leitender Stellung als Oberingenieur und Prokurist tätig gewesen, zur Zeit Direktor und Vorstandsmitglied einer Abbauwerft, organisatorisch und kaufmännisch befähigt, sucht

leitende Stellung

in Industrieunternehmen.
Angebote erbeten unter **F. 546** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Vertrauensstellung

sucht Ingenieur, unverh., In- oder Ausland. 12 jähr. Auslandspraxis (Ver. St. v. Amerika u. Frankreich). Zuletzt selbständige Stellung in Verwaltung. Gute Kenntnisse des gesamten Maschinenbaus in bezug auf Export und Preisbildung. Einige Kenntnisse der spanischen Sprache vorhanden. (c. 2084)
Angeb. unt. **W. 583** a. d. Verlag d. Zeitschr.

Diplom-Ingenieur Regierungsbaurat

43 Jahre alt, bei größerer Maschinenfabrik u. Eisenbauanstalt tätig, mit langjährigen Erfahrungen im allgemeinen u. Eisenbahn-Maschinenwesen sowie in der Materialprüfung, durchaus bewandert in der Wärmewirtschaft, Elektrotechnik, modernen Betriebsführung und im Außendienst, sucht neuen, selbständigen Wirkungskreis.
Angebote unt. **T. 602** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03188)

Regierungsbaumeister a. D.

28 J., sucht sofort geeignete selbständ. Stellung in Betrieb oder Verwaltg. Gute Kenntnisse im allg. Masch.-Bau, Lok.-Bau, Wärmewirtschaft u. Betriebswissenschaften. Gefl. Angebote unter **O. 598** an den Verlag dieser Zeitschrift. (c2088)

Masch.-Ing.

26 Jahre, Absolv. höh. techn. Lehranstalt, 7 J. Werkstattpraxis, gute Zeugnisse, sucht Stellung in Betrieb oder Büro. (c. 2082)
Angebote unt. **S. 579** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Dipl.-Ing.

(T. H. Hannover)

Spez.-Masch., Laboratorium u. Wärme m. 2 Sem. Lehrerfahrung, sucht Stellung im Lehrfach, Betrieb od. Büro.
Offert. erbeten unter **L. A. 1466 Rudolf Mosse Leipzig.** (03131)

VDI

Dringende Bitte!

Bewerbungsunterlagen, wie Zeugnisabschriften, Lichtbild usw. sind für den Stellungsuchenden **Wertobjekte**

Es wird deshalb dringend gebeten, solche Unterlagen den Einsendern stets mögl. sofort wieder zurückzusenden, um ihnen die Kosten für Neuanschaff. zu ersparen.

Der Verlag

VDI

Armaturen.

Kaufmann, Anf. 50, verh., zielbewußt u. energisch, mit reichen kaufm. u. guten techn. Kenntnissen der schweren Dampf- u. Wasser-Armaturenbranche sowie vielseitiger Erfahrung in Kalkulation, Verwaltung, Organisation, Verbandswesen, Betriebswirtschaft, selbständig und intensiv arbeitend, sucht (c2086)

Vertrauensstellung.

Angebote erbeten unter **M. 596** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Jung. Ing., 1 J. Werkstatt, 6 Semester Hochschule, 1½ J. Büro, mit praktischer Erfahrung im Betrieb (03031)

technisch. Bühneneinrichtungen

sucht Stellung in Fabrik für

Bühnenbau

eventl. auch auf Montage. Gefl. Angebote unter **G. 459** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Diplom-Ingenieur,

27 Jahre, mit **kaufm. Kenntnissen** (Buchhaltung), sucht (c2085)

Anfangs-Stellung

als Konstrukteur oder Betriebsassistent im Automobil- oder Dieselmotorenbau. Mögl. kleinerer Betrieb.
Angeb. unter **L. 595** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Maschinen-Ingenieur

mit 3jähriger Werkstatt- u. 2jähr. Büropraxis, Abs. d. Techn. Mittweida, sucht

Anfangsstellung

für Betrieb od. Büro, möglichst in Flugzeug- oder Autobau in Mitteldeutschland.
Angebote erbet. unt. **S. 469** an den Verlag dies. Zeitschr. (c. 2062)

INGENIEUR

Akad., 32 Jahre, 8 Jahre Büro- und Betriebserfahrung in

VERBRENNUNGSMOTOREN, ROT-VERDICHTERN

(Turbo- und Drehkolbenmaschinen) und verwandten Gebieten, sucht neuen **ausbaufähigen Wirkungskreis** im In- oder Ausland.

Suchender verfügt über ein gediegenes theoret. und prakt. Wissen, ist eine durchaus repräsentable und energ. Persönlichkeit und ist auch kaufmännisch versiert.

Gefl. Zuschriften erbeten unter **N. 597** an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 2087)

VDI STELLENANGEBOTE VDI

Ich suche je 1 tüchtigen (03147)

Ingenieur als Vorkalkulator für Werkzeuge und Vorrichtungen

sowie für

mittlere Werkzeugmaschinen

Bewerber mit abgeschlossener Fachschulbildung, die möglichst den gleichen Posten inne hatten und eine längere Tätigkeit in der Werkstatt hinter sich haben, belieben ausführliche Angebote mit Zeugnisabschriften, Gehaltsforderung und Angabe des frühesten Eintrittstermins sowie Lichtbild zu senden an

Alfred H. Schütte
Maschinen- und Werkzeugfabrik,
Köln-Deutz

Große Maschinenfabrik sucht tüchtigen Betriebsingenieur

Bedingung: Mehrere Jahre Tätigkeit in der Serienfabrikation (Pumpen und Armaturen bevorzugt), nicht unter 28 Jahre alt. Möglichkeit des Aufstiegs vorhanden.
Nur Ingenieure, die Obigem entsprechen, mögen sich melden. Anfängerbewerbungen zwecklos.
Angebote mit Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Referenzen und Angabe des frühesten Eintrittstermins unter **K. 550** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03137)

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Großer Konzern sucht

Aufzugs-konstrukteur

der mit den neuesten Aufzugskonstruktionen vertraut ist, zum baldigen Eintritt. (03154)

Ausführliche Offerten mit Angabe der Gehaltsansprüche sowie unter Beifügung eines Lebenslaufes und Zeugnisabschriften unter Kennwort: **Acht** unter **T. 558** an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten.

Für die **Verkaufs-Abteilung** eines größeren rhein.-westf. Hüttenwerks jüngerer

DIPL.-INGENIEUR

mit Vorbildung und Erfahrung im allgemeinen Maschinen- oder Eisen- oder Dampfkesselbau **gesucht**, der besonders technische Fragen zu bearbeiten und an der Preiskalkulation mitzuwirken und evtl. mit der Kundschaft auch die Geschäfte zu behandeln hätte. (03163)

Angebote m. Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Angabe von Ref., Gehaltsansprüchen, Eintrittdatum zu senden an den Verlag dieser Zeitschrift unter **H. 570.**

Für unsere Abteilung

Kranbau

suchen wir einen tüchtigen (03048)

Konstrukteur

mit guter theoretischer Vorbildung und mindestens 4 jähriger Büropraxis bei ersten Kranbaufirmen. Es können nur ledige Herren in Betracht kommen.

Schriftiche Angebote mit Lebenslauf u. Gehaltsansprüchen erbeten an die

Kalker Maschinenfabrik A.-G. Köln-Kalk.

Die Stelle des

Direktors

der städt. Wasserwerke (Magistrats - Oberbaurat, Gr. XII) ist zum 1. Oktober 1925 zu besetzen. Verlangt wird abgeschloss. Hochschulbildung im Masch.-Ing.-Fach, erwünscht ist 2. Staatsprüfung, langjährige, gründliche Erfahrung im Entwurf, Bau u. Betrieb von Wasserwerksanlagen, v. Großstädten, insbes. v. Grundwasser - Werksanlagen, sowie in der Leitung von Vorarbeiten zur Geländeaufschließung und in der Beurteilung von Geländeergiebigkeiten.

Bewerb. m. Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften u. d. Nachweis etwaiger wissenschaftlicher Tätigkeit bis 15. August an das Hauptbüro, Rathaus, einzureichen. Persönliche Vorstellung nur auf besondere Aufforderung. (03168)

Breslau, den 23. Juni 1925.

Der Magistrat.

Akademisch gebildeter

DIREKTOR

für Mitteldeutsches Eisenwerk (Graugießerei, Tempergießerei und Stahlgießerei) **baldigst** gesucht. (03145)

Betreffender Herr muß in der Lage sein, sowohl den technischen, als auch den kaufmännischen Betrieb (Bewerber muß bilanzsicher sein) des Werkes **selbständig** leiten zu können. Es wird Wert auf Herren gelegt, die möglichst schon längere Zeit in ähnlichen Betrieben in selbständiger Stellung tätig waren. Dienstwohnung vorhanden.

Gefl. Angebote unter Angabe des Alters, der bisherigen Tätigkeit, Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen unter **J. A. 7632** an **Rudolf Mosse, Berlin SW 19,** erbeten.

Ingenieur

oder Techniker von großem Röhrenwerk für die Vorkalkulation (Rohrschlangen, Leitungen usw.) gesucht. Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen unter „Df. 714" an **Ala-Haasenstein & Vogler, Düsseldorf, Hansahaus.** (03079)

Wir suchen einen

Oberingenieur

mit reichen Erfahrungen im Verwaltungswesen, Organisation und Betriebswirtschaft f. unsere Redenhütte, die sich mit der Herstellung von Eisenkonstruktionen aller Art, Apparate- und Behälterbau für die Chemische und Kohlen-Industrie sowie mit Anfertigung von Blankmaterial, Gußwaren, Schrauben und Nieten befaßt. Wohnung vorhanden. Bewerbungen mit Lebenslauf, Gehaltsansprüchen, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Referenzen unter Bekanntgabe des frühesten Eintrittstermins erbeten an die (03067)

Betriebsdirektion der Oberschlesischen Kokswerke & Chemischen Fabriken Aktien-Gesellschaft, Hindenburg O. S.

Erfahrener

Betriebsingenieur

als Assistent des Oberingenieurs d. mechan. Werkstätten einer bedeutenden Automobilfabrik Mitteldeutschlands **gesucht.** Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschr. Lichtbild und Gehaltsansprüchen unt. Angabe des frühesten Eintrittermins erbet. an den Verlag dieser Zeischrift unt. **C. 543.** (03132)

Lokomobilenbau.

Sehr große ausländische Firma, die den Bau moderner Industrielokomobilen in Zukunft betreiben will, sucht **erstklassigen**

KONSTRUKTEUR

zur Einführung dieser Spezialität.

Gefl. ganz ausführliche Angebote an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten unt. **G. 503.** (03066)

Aufzugbau

Gesucht **selbständiger Konstrukteur** (Elektro- oder Maschinen-Ing.), erfahren in den Konstruktionen des mech. u. elektr. Teiles sowie in der Montage von Aufzügen, für eine schweizerische Aufzugsfabrik. Kenntnisse in Fremdsprachen erwünscht.

Nur tüchtige Bewerber, die auf eine Lebensstellung reflektieren, wollen sich melden. (02994)

Angebote mit Lebenslauf unter **O. 422** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Aufzüge

Ich suche per sofort einen Konstrukteur mit mehrjähriger Büropraxis.

Friedrich Kehrhahn, Hamburg 21. (03142)

Vorkalkulator

mit guter Werkstattspraxis und Fachschulbildung von großer Lastkraftwagenfabrik Sachsens per sofort gesucht. Herren, die bereits ähnliche Stellungen in groß. Maschinenfabriken bekleidet haben u. Organisationstalent besitzen, wollen ausführliche Angebote einreichen unter **L. P. 6715** an **Rudolf Mosse, Leipzig.** (03167)

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Unternehmen von Weltruf sucht zum baldigen Eintritt

Konstrukteure

in Dauerstellung. Erfahrungen auf Grund einer langen Praxis womöglich im Eisen- oder Leichtmetallbau sind unerläßliche Voraussetzungen. Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Angaben der Gehaltsansprüche, sowie frühesten Eintrittstermins erbeten an den Verlag dieser Zeitschrift unter **D. 522.** (03109)

Großes Braunkohlenunternehmen sucht zum Antritt am 1. Oktober d. J. für das maschinentechnische Büro seiner Verwaltung einen

selbständigen Konstrukteur

welcher mit allen im Braunkohlenbergbau und in Brikettfabriken vorhandenen Maschinen und Einrichtungen bestens vertraut ist.

Ausführlich gehaltene Bewerbungsschreiben mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften sowie Lichtbild und Referenzen erbeten unter **E. 4[illegible]** an **Annoncen-Exped. Kolonialkriegerdank, Berlin W. 35.** (03080)

Dringende Bitte an die

Stellen ausschreibenden Firmen!

Die bei uns einlaufenden Klagen der Stellensuchenden, daß ihre Bewerbungsunterlagen gar nicht oder erst nach Monaten zurückgesandt werden, mehren sich ständig. Die Not der stellensuchenden Fachgenossen veranlaßt uns, die ausschreibenden Stellen dringend um Beachtung folgender Punkte zu bitten:

1. Präzisieren Sie
Ihre Anzeige stets genau, so daß sich nur die dafür Infragekommenden bewerben können.

2. Prüfen Sie
das eingehende Bewerbungsmaterial so bald als möglich.

3. Senden Sie
die Unterlagen, wie Zeugnisabschriften, Photographien usw., möglichst sofort an die Nichtberücksichtigten zurück.

4. Halten Sie darauf,
daß die Bewerbungsunterlagen in einem Zustande zurückgelangen, der ihre weitere Verwendung zuläßt. Sie ersparen dadurch den Einsendern die Kosten für Neuanschaffungen.

VDI-Verlag G. m. b. H.
Berlin SW 19, Beuthstr. 7

Von einem großen Werk im Rheinland wird zum baldigen Eintritt

ein selbständiger

STATIKER

sowie (03152)

mehrere gewandte

KONSTRUKTEURE

für Eisenhochbau gesucht.

Herren mit längerer Praxis wollen sich melden unter Beifügung eines Lebenslaufs, Zeugnisabschriften und Angabe der Gehaltsansprüche unter **R. 5[illegible]** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Wir suchen evtl. für sofort nach Frankfurt a. M.

1 Konstrukteur

der in der Idee bewährte Maschinen des Mühlen- u. Speicherbaues, sowie der Brauerei-, Entstaubungs- u. Entlüftungsanlagen (Holz und Eisen) wirtschaftlich billiger umkonstruieren kann. Branchekenntnisse nicht erforderlich, dagegen muß Bewerber gewandter Konstrukteur sein und wirtschaftlich denken können.

1 Vorrichtungs- und Werkzeugkonstrukteur

mit Praxis in erstklassigen Maschinen- od. Werkzeugfabriken. Derselbe muß auch das Toleranz-System durchaus beherrschen.

1 Normalien-Ingenieur

der auf Grund auf allgemeine und Werk-Normalien einführen soll. Bewerber muß in der Normalisierung unbedingt zu Hause sein.

Für alle drei Ingenieure ist abgeschlossene Mittelschulbildung Bedingung. Branchekenntnisse nicht erforderlich. (03166)

Angebote m. Bild, Zeugnisabschr. und kurzem Lebenslauf erbeten unt. **F. S. H. 251** an **Rudolf Mosse, Frankfurt a. Main.**

Abhitze-verwertung

Ingenieur mit großen **Erfahrungen** im **Entwerfen** u. **Berechnen** von **Abhitzekesseln** zum baldig. Eintritt von großer Dampfkesselfabrik gesucht.

Ausführliche Angebote unt. **O. 576** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03165)

Konstrukteure

Für unsere Abteilung **Dampfturbinen** suchen wir **Konstrukteure** mit mehrjähriger Praxis. Wegen Wohnungsnot erhalten Unverheiratete den Vorzug.

Ausführliche Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Angabe von Referenzen und Gehaltsansprüchen erbittet (03146)

Maschinenfabrik Esslingen
Werk Mettingen.

Große Bergwerksgesellschaft sucht zum badigen Eintritt als weitere Hilfskraft im Wärmebüro einen jüngeren

Wärmeingenieur

möglichst mit abgeschlossener Hochschulbildung und Praxis in der Vornahme von Dampf-, Luft- und Gasmessungen und Aufstellen von Wärmebilanzen. (03134)

Dienstwohnung steht nicht zur Verfügung.

Ausführliche Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen und Angabe von Referenzen unter **N. D. 1[illegible]** an **Ala, Haasenstein & Vogler, Essen,** erbeten.

Von einer Eisenkonstruktionswerkstätte Rheinlands wird zum Eintritt spätestens Mitte August ein (03126)

tüchtiger

Statiker

mit mehrjähriger Büropraxis, insbesondere für Fördergerüste und Hallenbauten, gesucht. Wohnung vorhanden. Schriftliche Bewerbungen mit Lebenslauf und Gehaltsansprüchen erbeten unter **A. 541** an die Expedition der Zeitschrift.

Konstrukteure

mit guten Erfahrungen auf dem Gebiete des Dampf- und Gasmaschinenbaues gesucht. Angebote mit Lebenslauf und Zeugnisabschriften an

A. G. Mix & Genest
Abt. Rohrpost- u. Förderanlagen.
Berlin-Schöneberg. (03130)

Großer Konzern sucht

selbständigen Konstrukteur

als Gruppenführer für Drehscheiben- und Schiebebühnenbau zum baldigen Eintritt. (03153)

Ausführliche Offerten mit Angabe der Gehaltsansprüche sowie unter Beifügung eines Lebenslaufes und Zeugnisabschriften unter Kennwort: **Fünfzehn** unter **S. 557** an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten.

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Eisenkonstruktions-ingenieur,

guter Konstrukteur, sicherer Statiker für Eisenhochbauten von großer Elektrizitäts-Gesellschaft gesucht. Es kommen für den Posten nur Herren in Frage, die die nötige Erfahrung und Gewandtheit in der Abwicklung von Geschäften mit den Lieferfirmen haben. Bewerbungen unter Beifügung eines kurzen Lebenslaufes i. Telegrammstil m. Zeugnisabschriften und Angabe der Gehaltsansprüche sind zu richten an den Verlag dieser Zeitschrift unter F. 580. (03179)

Wasserreinigung.

Tüchtiger selbständiger Ingenieur mit mehrjähriger Praxis für Büro und Reise im In- und Ausland von Spezialfirma zum baldigen Antritt gesucht. Stellung mit Sitz in einer Hansestadt ist aussichtsreich und bei guten Leistungen Lebensstellung. (03158)

Ausführliche Angebote mit Gehaltsansprüchen und unter Beifügung einer Photographie unter E. 567 an den Verlag dieser Zeitschrift.

Metallwarenfabrik im Rheinland sucht zum baldigen Eintritt einen zuverlässigen, erfahrenen (03151)

Betriebsingenieur

aus der Fahrradbranche zur selbständigen Leitung der Fabrikation, evtl. mit Beteiligung. Angebote erbeten an den Verlag dieser Zeitschrift unter M. 592.

Tüchtiger

Ingenieur

welcher vollständig das Gebiet der Luftheizung, Trocknung, pneumatischen Transporte, Ventilatoren- und Heizapparatebau in Konstruktion, Berechnung und Kalkulation einwandfrei beherrscht und reiche Erfahrungen darin besitzt, in Dauerstellung gesucht. Herren mit tadelloser Vorbildung im Alter von 28—40 Jahren und ledig (wegen Wohnungsschwierigkeiten) bevorzugt. Offerte mit Lichtbild, Zeugnissen, Gehaltsansprüchen und frühestem Eintrittstermin, sowie lückenlosem Lebenslauf erbeten an (03141)

Maschinenfabrik Albert Teufel. Backnang bei Stuttgart.

Bautechniker
oder
Bauingenieur

tüchtiger Konstrukteur und flotter Zeichner für Konstruktion von Feuerungsanlagen gesucht. Bewerber, womöglich mit guten Erfahrungen im Feuerungsbau und Dampfkesseln gegen gutes Gehalt von großem Industriekonzern gesucht. (03153)

Bewerbungen mit Lebenslauf, Referenzen, Photo, Gehaltsansprüchen erbeten an den Verlag dieser Zeitschrift unter K. 584.

Elektro-Ingenieur

für Hoch- und Niederspannung, mögl. m. Erfahrung in Wärmetechnik von Ing.-Büro in Breslau für Reisetätigkeit gesucht. Antritt mögl. sofort. Ausführl. Angebote unter O. 589 an den Verlag dieser Zeitschrift. (03162)

Erfahrener

Dipl.-Ingen.
oder
Ingenieur

für Flugzeugkonstruktionsbüro, Metallbau, gesucht. Bewerbungen mit Bild und Gehaltsansprüchen erbeten an

Luft-Fahrzeuggesellschaft m.b.H. Werft Stralsund (03135)

Kesselkonstrukteur

der mehrjährige Erfahrung in ersten Unternehmungen im modernen Kessel- und Feuerungsbau besitzt, insbesondere für Hochdrucktypen und Leistungen, wird von deutschem Unternehmen in der Tschechoslowakei für vollständig selbständige Stellung gesucht. (03186)

Frdl. Angebote mit Angabe des Alters, der Referenzen, frühesten Eintrittstag und Gehaltsansprüchen unter „Kesselkonstrukteur 10346" an Ann.-Exp. Rapid, Berlin W 9, Potsdamer Str. 20. Papiere werden nicht retourniert.

Von großer Dampfturbinenfabrik wird ein wärmetheoretisch gut vorgebildeter

Ingenieur

mit mehrjährigen auf dem Prüffeld erworbenen Erfahrungen in dampftechnischen Messungen zu baldigstem Eintritt gesucht.

Ausführl. Angebote m. Lebenslauf und Lichtbild erbeten unter B. 542 an den Verlag dieser Zeitschrift. (03129)

Von großer Maschinenfabrik Mitteldeutschlands

wird zu alsbaldigem Eintritt ein

Oberingenieur

für Dampfmaschinen- und allgemeinen Maschinenbau

gesucht.

Es kommt nur eine erste Kraft mit Hochschulbildung in Betracht, die außer über langjährige Erfahrungen im Dampfmaschinenbau und reiche Kenntnisse auf den Gebieten der Wärmetechnik, insbesondere des Hochdruckes, auch über ein gediegenes kaufmännisches Wissen verfügt und in möglichst gleicher Stellung mit Erfolg tätig war.

Gefl. ausführl. Bewerbungen und Aufgabe von Referenzen und Beifügung von Zeugnisabschriften sowie Angaben über Bildungsgang, bisher bekleidete Stellungen, Gehaltsansprüche, Alter, frühester Eintrittstermin usw. erbeten unter A. 3. 1628/b F. 568 an den Verlag dieser Zeitschrift. (03161)

Für die Offert-Abteilung einer großen Kesselfabrik Norddeutschlands werden zu schnellstem Eintritt gesucht:

Kalkulatoren

für Großwasserraumkessel- und Apparatebau, für den Steilrohrkesselbau und (jüngere Herren) für Ersatz- und Zubehörteile, ferner:

gewandte Projekteure

für Steilrohrkesselanlagen.

Nur solche Herren, die längere Tätigkeit auf dem einen oder anderen der in Frage kommenden Gebiete nachweisen können und über gute Zeugnisse verfügen, wollen sich unter Angabe ihrer Gehaltsansprüche, des frühesten Eintritts usw. melden unter C. 477 an den Verlag dieser Zeitschrift. (03055)

Apparatebauanstalt in Berlin sucht zur Inbetriebsetzung und Übergabe von Extraktionsanlagen, Verdampfapparaten, periodischen und kontinuierlichen Destillier- und Rektifizierapparaten einen sachkundigen

INGENIEUR

der möglichst auf diesen Gebieten oder Teilen derselben bewandert ist, zu baldigem oder späterem Antritt. Es handelt sich um eine ausichtsreiche Stellung. Ausführliche Bewerbungen mit Gehaltsforderung und Antrittszeit erbeten unter D. 544 an den Verlag dieser Zeitschrift. (03123)

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

SACHSEN

Bedeutendes Unternehmen der Maschinenbranche sucht

tüchtigen

Betriebs-Oberingenieur

zur Leitung seiner **umfangreichen Holz- und Eisenbearbeitungs-Werkstätten.**

Es kommen nur **erste Kräfte** in Frage, die mit dem Wesen wirtschaftlicher Fabrikation von Grund auf vertraut sind und alle einschlägigen Betriebs- und Arbeiterfragen beherrschen, sowie sich für größte Rentabilität einsetzen können.

Ausführliche Bewerbungen mit Angabe der Gehaltsansprüche, frühestem Antrittstermin etc., unter Überlassung eines Lichtbildes erbeten unter **L. 551** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03138)

In dem Materialprüfamt der Bayer. Landesgewerbeanstalt in Nürnberg ist die Stelle eines Vertragsbeamten durch einen jungen (03157)

DIPLOM-INGENIEUR

zu besetzen, welcher praktische Kenntnisse im Materialprüfwesen besitzt. Monatsgehalt 250 RM. Meldungen bis spätestens 15. Juli an die Direktion der Bayer. Landesgewerbeanstalt.

Für unsere Abteilung Hoch- und Brückenbau suchen wir für sofort oder später einen

Diplom-Ingenieur

für die Anfertigung von statischen Berechnungen für Eisenbahnbrücken, sowie ferner einen

Diplom-Ingenieur

mit Erfahrungen in der Berechnung und Konstruktion von eisernen Brücken großer Stützweite. (03174)

Gefl. Angebote erbitten wir unter Beifügung von Zeugnisabschriften, Lebenslauf, Lichtbild, Angabe der Gehaltsansprüche und des frühesten Eintrittstermines.

Unverheiratete Herren werden wegen Wohnungsmangel bevorzugt.

Christoph & Unmack A. G.

Niesky Ob.-Laus.

INGENIEUR

theor. u. prakt. durchaus selbständig in d. Berechnung und Angebotsbearbeitung von Heizapparaten und Großraumheizanlagen, Trocknungsanlagen sowie von Anlagen f. künstl. Zug von großer Maschinenfabrik für **Ventilatorbau** im rhein.-westf. Industr.-Gebiet gesucht.

Nur wirklich befähigte Bewerber wollen Angeb. mit Lebensl., Zeugnisabschr. u. Gehaltsanspr. sowie Ang. d. mögl. Eintrittstermins einsenden unter **P. 555** an den Verlag dieser Zeitschr. (03151)

Aktiengesellschaft Sitz Berlin, sucht

Konstrukteur

für Ofenbau

möglichst mit praktischen Erfahrungen in **Brennstaubfeuerungen.** Bewerbungen mit Lebenslauf, Referenzen und Gehaltsansprüchen unter **N. 663** an den Verlag dieser Zeitschrift. (03149)

In **Fabrikation** und **Verwaltungsdienst erfahrener** (03178)

Ingenieur

Mitte bis Ende d. dreißiger Jahre, von Fabrik elktrotechnischer Apparate und Elektro-Kleinmotoren (03178)

zur Unterstützung des technischen Direktors

für raschmöglichsten Eintritt

gesucht.

Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, unter Beigabe von Referenzen erbeten unt. **M. C. 8172/ E. 569** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Personalvermittlung

Verein techn. Beamten e. V.
vorm. Techn. Hilfsverein
Berlin NW, Turmstr. 76

Stellen-Angebote

haben
den besten Erfolg
in der

VDI-Zeitschrift

Gesucht Dampf-Kessel-Revisions-Ingenieur

Bedingungen: Abiturium, Diplom-Exam., Nachweis, daß Baukonstruktionslehre gehört wurde und möglichst Praxis im Kraftfahrzeugwesen. (03150)

Norddeutscher Verein zur Überwachung von Dampfkesseln in Altona.

Zeugnis-Abschriften billigst

Prospekt frei. **W. STREITZ, Berlin 202, Pasteurstr. 16**

Selbständige Konstrukteure

f. Schiffsmaschinenbau **gesucht.** Vorbedingung: Abschlußprüfung höherer Fachschule und Reifezeugnis f. Obersekunda. Bewerber müssen gute theoretische Kenntnisse und mehrjährige Büropraxis besitzen. Einstellung erfolgt nach Tarifvertrag für Angestellte der Reichsverwaltungen. Bewerbungen sind Lebenslauf und Zeugnisabschriften beizufügen. Angebote an das Maschinenbau-Ressort der Marinewerft Wilhelmshaven. (03146)

Für unsere Abteilung

Rohölmotoren

suchen wir je einen **Prüffeld-** und einen **Fabrikations-** (Betriebs-) **Ingenieur.** Nur Herren mit gründlicher Spezialpraxis bei ersten Motorenfabriken, vertraut mit den neuzeitlichen Motorkonstruktionen, sowie Prüffeld- und Montagearbeit, bzw. dem rationellen gesamten mechanischen Bearbeitungswesen wollen sich melden unter Einsendung von Werdegang, Zeugnisabschriften, Angabe der Gehaltsansprüche und des frühesten Eintrittstermines. (03094)

Angebote unter Kennwort „Rohölmotor" an die

Waggon- und Maschinenbau Akt. Ges. Görlitz, Abteilung Maschinenbau Görlitz.

Bedeutende Großfirma sucht zu baldigem Eintritt einen **erfahrenen, selbständigen**

Konstrukteur für Dampfkesselbau.

Es wollen sich nur Herren melden, die über gediegene theoretische Kenntnisse in der Wärmetechnik verfügen und eine mindestens 5- bis 6-jährige Konstruktionspraxis im Wasserrohrkesselbau bei ersten Firmen nachweisen können.

Angebote mit Zeugnisabschriften, Lichtbild, mit Gehaltsansprüchen, kurzem Lebenslauf und Angabe des frühesten Eintritts erb. unter **N. 465** an den Verlag ds. Zeitschr. (03045)

Tüchtiger Werkzeugkonstrukteur

welcher das Toleranzlehrensystem beherrscht, mit gründlichen Kenntnissen im Bau von Bohr- und Stanzvorrichtungen für Präzisionmaschinen von einem Werk in Mitteldeutschland gesucht. (03155)

Angebote unter Beifügung von Lebenslauf, Lichtbild und Angabe der Gehaltsansprüche sowie des frühesten Eintrittstermins unter **U. 560** an den Verlag dieser Zeitschrift.

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Holzbearbeitungs-maschinenfabrik

welche den Betrieb aufzugeben beabsichtigt, **verkauft Maschinen, Bestände, Modelle,** Kundschaft zu günstigem Preise. Nur Selbstreflektanten wollen sich melden unter **Nr. 1906** an **„Dema" Deutsche Anzeigen-Gesellschaft m. b. H. Mannheim.** (03177)

Maschinenfabrik

mit Eisen- und Metallgießerei, im westfälischen Industriebezirk gelegen, die zufolge guter Einrichtungen und bestgeschulter Arbeitskräfteunter besonders günstigen Bedingungen arbeitet und somit sehr leistungsfähig ist, übernimmt den Bau von

Maschinen

oder die Anfertigung von Teilen zu solchen. Es kommen sowohl Einzelkonstruktionen, wie serienweise Herstellung in Frage. Ausführliche Zuschriften unter Beifügung von Zeichnungen unt. **T. 602** an d. Verl. dies. Ztschr. erbeten.

(03189)

Sofort preiswert zu verkaufen:

1 Gegendruckdampfturbine f. Riemenantrieb,
100 PS, 2500 Umdrehungen, 10 Atm. Eingangsdruck und 2 Atm. Gegendruck. (03171)

1 Drehstrom-Motor Fabrikat Dr. Max Levy,
40 PS, 1450 Umdrehungen, 220/380 Volt.

1 Drehstrom-Motor, Fabrikat A. E. G.,
30 PS, 1450 Umdrehungen, 230/380 Volt.

Die Maschinen sind sämtlich neu und können sofort geliefert werden.

C. Richard, Auerbach, Maschinenfabrik, Radebeul
Fernruf: 849

Gebundene

Z. d. V. D. I.

Jahrgang 1896, 1901, 1905 erstes Halbjahr; 1895, 1907, 1908, 1909 ganzer Jahrgang; weil doppelt, (03133)

billig abzugeben.

Anfragen mit Preisangabe an den

Akad. Maschinenbau-Ingenieur-Verein Techn. Hochschule Darmstadt.

Verdingung.

Für das Wasserbauamt Emden soll ein neuer Dampfeimerbagger v. 500 m³ Stundenleistung in öffentlicher Ausschreibung vergeben werden. Die Verdingungsunterlagen liegen vom 1. Juli d. J. bei d. unterzeichneten Bauamt zur Einsicht aus, können aber auch, soweit d. Vorrat reicht, gegen bestellgeldfreie Einsendung von 10 RM. in bar von diesem bezogen werden. Angebote mit entsprechender Aufschrift versehen sind bis zum 1. August d. J. mittags 12 Uhr bei dem Maschinenbauamt Emden einzureichen, zu welchem Zeitpunkt deren Eröffnung erfolgt. Die Zuschlagsfrist beträgt 6 Wochen. (03127)

Emden, den 20. Juni 1925.

Preußisches Maschinenbauamt.

Patentanwalt A. Kuhn, Dipl. Ing. BERLIN SW 61 Gitschinerstr. 106

zu verkaufen:

3 Stück Drehstrom-Oel-Transformatoren

Fabrikat: S. S. W., Type: M. O. 325, Leistung: 205 KVA, Übersetzungsverhältnis: 5500/5250/50 Volt, 22,6/225 Amp.

2 Stück desgl.

Fabrikat: Koch und Sterzel, Leistung: 200 KVA, Übersetzungsverhältnis: 5500/5250/550 Volt, 22,6/219 Amp.

Angebote erbeten unter Nr. 5777 an die Annonc.-Exped. Friedr. Schatz, Duisburg. (03175)

VERSCHIEDENES

BETEILIGUNG

bietet sich energischem, ideenreichen Techniker oder Ingenieur bei gut eingerichteter württ. Maschinenfabrik (Holz- u. Eisenbearbeitung). Besonderer Wert wird auf neuen Artikel gelegt. Beste Gelegenheit zur Existenzgründung unter anfangs bescheidenen Ansprüchen, Gleichstellung mit kaufmännischem Mitarbeiter. Bewerber muß bereit sein, seine ganze Kraft einzusetzen u. sich mit dem Betrieb hochzuarbeiten. (03164)

Eilangebote unter **P. 577** an den Verlag d. Zeitschrift unter Angabe der verfügbaren Mittel.

Teilhaber

unter dieser Anschrift suchte in der Zeitschrift v. 23. 5. einen Mitarbeiter f. Berliner Maschinenfabrik, Weiteres siehe unter Anschluß u. Interessengemeinschaft in den V. D. I.-Nachrichten Nr. 26. (c. 2061)

Angeb. unter **B. 504** a. d. Verlag d. Zeitschr.

Bekanntmachung.

Der Wettbewerb zur Gewinnung von Entwürfen für die Friedrich-Ebert-Brücke in Mannheim wurde mit 37 Entwürfen beschickt. Das Preisgericht hat folgende Entscheidung gefällt:

Ein erster Preis in Höhe von 8000 M., Kennwort: „Flachbrücke",
Verfasser: Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. Werk Gustavsburg in Gustavsburg b. Mainz,
Grün & Bilfinger A.-G. Mannheim,
Architekt Adolf Abel, Stuttgart.

Ein zweiter Preis in Höhe von 5000 M., Kennwort: „Baustahl 48",
Verfasser: Dipl.-Ing. Lorentz, Mannheim,
Architekt Alfred Müller, Mannheim,
Architekt Ludwig Rösinger, Mannheim.

Ein weiterer zweiter Preis in Höhe von 5000 M., Kennwort: „Freier Uferblick",
Verfasser: Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G., Werk Gustavsburg in Gustavsburg b. Mainz,
Grün & Bilfinger A.-G. Mannheim,
Architekt B. D. A. Karl Wiener, Mannheim.

Ein dritter Preis in Höhe von 3500 M., Kennwort: „Zwanzigstes Jahrhundert",
Verfasser: Dr.-Ing. Paul Boros, Berlin,
Architekt Hugo Herfort, Berlin,
Ingenieur Hugo Wendt, Berlin.

Zum Ankauf von je 1500 M. wurden empfohlen:

1. der Entwurf Kennwort: „Bonito",
Verfasser: Deutsch-Luxemburgische Bergwerks- und Hütten-A.-G. Dortmunder Union in Dortmund,
Ed. Züblin & Cie., A.-G., Stuttgart,
Architekten Dipl.-Ing. Seytter und Dipl.-Ing. Schuhmacher in Stuttgart;
2. der Entwurf Kennwort: „Geist der Gotik",
Verfasser: Grün & Bilfinger A.-G. Mannheim in Gemeinschaft mit Dr.-Ing. Max Schmechel,
Architekt D. W. B. Mannheim nach einer unter Patentschutz stehenden Konstruktion des Oberingenieurs Kröger der Firma Grün & Bilfinger, Mannheim;
3. der Entwurf Kennwort: „Straffer Bogen, flacher Stich",
Verfasser: Josef Hoffmann & Söhne A.-G. Mannheim in Verbindung mit Professor Billing, Karlsruhe.

Die Entwürfe sind von Mittwoch, den 24. Juni bis einschl. Sonntag, den 5. Juli, in der Zeit von 9—1 Uhr und 3—6 Uhr im Übungssaal der Hauptfeuerwache öffentlich ausgestellt. (03144)

Die Verfasser der nicht preisgekrönten und nicht zum Ankauf empfohlenen Entwürfe können diese vom 8. Juli ds. Js. ab beim Tiefbauamt Mannheim, Rathaus, abholen. Wenn die Entwürfe nicht bis zum 5. August ds. Js. abgeholt sind, werden zur Ermittlung des Verfassers die Umschläge geöffnet und die Entwürfe zurückgesandt.

Mannheim, den 20. Juni 1925.

Der Oberbürgermeister

Zur Hebung des Umsatzes und Steigerung der Leistungsfähigkeit sucht eine rentable (03129)

Maschinenfabrik

in sächsicher Großstadt einen

tätigen Teilhaber

mit 100—200 000 Reichsmark verfügbarem Kapital.

Hauptartikel: Neue, patentierte, konkurrenzlose

Maschinen für die Kartonnagenindustrie,

welche sich infolge größerer Leistungsfähigkeit und wesentlich billigerer Preise schnell eingeführt haben.

Es kommen nur ganz seriöse Herren (Kaufleute oder Ingenieure) in Betracht.

Angebote unter **D. N. 714** an **Ala-Haasenstein & Vogler, Berlin W 35,** erbeten.

Dieser Nummer liegen Prospekte folgender Firmen bei:
„Demag", Deutsche Maschinenfabr., Duisburg — K. & Th. Möller, Brackwede i. Westf.

V D I - Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Peter Valerius, Berlin NW 52
Druckpapier von Ernst A. Geese, Berlin SW 68. Druck von H. S. Hermann & Co., Berlin SW 19.

V·D·I

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

Bd. 69 **Berlin, 26. Dezember 1925** **Nr. 52**

Bezugsbedingungen, Anzeigenpreise und Anschriften auf Anzeigenseite 98.

Die Bezugsgebühr für das 1. Vierteljahr ist am 1. Januar 1926 fällig (s. Beilage im Textteil)

Digitized by Google

C & E

Spezialmaschinen für die Heizungsindustrie

zur Bearbeitung von Radiatoren, Kesselgliedern, Wasserschiebern, T-Stücken und Rohrflanschen

Radiatoren-Bearbeitungsmaschinen für Massenherstellung

Spezial-Kesselglieder-Bearbeitungsmaschinen

Jahrzehntelange Erfahrung im Bau dieser Spezialmaschinen gewährleistet sorgfältige Ausführung u. höchste Leistungsfähigkeit

Rohrflanschen-Bearbeitungsmaschinen

Collet & Engelhard + Werkzeugmaschinenfabrik

Aktiengesellschaft

Offenbach a/Main

Gegründet 1862

ROTHSTEINS
PATENT-WASSERSPÜL-
ENTASCHUNG

VERTRETER GESUCHT FÜR:
Ostpreußen / Pommern / Mecklenburg / Schleswig-Holstein / Oldenburg
Hessen-Kassel / Frankfurt a. M. / Thüringen / Niederbayern / Oberbayern
und Görlitz.

UNERREICHT - EINFACH - SICHER - BILLIG
UND STAUBFREI ARBEITEND

ANTON ROTHSTEIN

GESELLSCHAFT
FÜR ZEITGEMÄSSE KESSELHAUS-EINRICHTUNG
M. B. H.

Tel. 41411 u. 43979 **LEIPZIG-LINDENAU** KAISERSTR. 60-62

T.W.-Kartei

Protos-Wärmespeicherofen

Siemens-Schuckert

SSW 1925 | Elektrischer Wärmespeicher Speicherofen 5 kW | Z 10336

Die Benutzung der Elektrizität zur Wärmeerzeugung steht heute erst am Anfang einer Entwicklung, welche, durch den kraftvoll vorwärtsschreitenden Ausbau der Elektrizitätsversorgung begünstigt, die Ausnutzung der deutschen Energievorräte in der Kohle weit wirtschaftlicher werden läßt, als es die gegenwärtige Wärmewirtschaft gestattet.

Die Einführung der elektrischen Raumheizung scheiterte bisher an den hohen Betriebskosten. Erst die Abgabe von billigem Nachtstrom gestattet die Anwendung elektrischer Speicheröfen für die Raumheizung.

Der Protos-Speicherofen der Siemens-Schukkertwerke (Z 10366) besteht aus einer elektrischen Heizeinrichtung, der Speichermasse und einem doppelten Blechmantel, der mit einer hochwertigen Wärmeisolationsmasse gefüllt ist. Der Heizkörper unterteilt durch Scheidenheizelemente mit winklig gegeneinander versetzten Rippen die Speichermasse, so daß die in der Heizeinrichtung erzeugte Wärme durch die Heizrippen schnell und gleichmäßig der Speichermasse aus trockenem Sand zugeführt wird. Die Wärmeabgabe erfolgt durch einen Luftkanal, der durch eine Klappe verschlossen werden kann (Durchzugofen); dabei erfolgt die Entladung des Speichers ebenfalls durch die Rippenkonstruktion des Heizkörpers, die der Speichermasse die aufgenommene Wärme wieder vollkommen entzieht. Der Schutzmantel mit Wärmeisolation verhindert eine vorzeitige und unerwünschte Abgabe der gespeicherten Wärme während der Aufladung. Diese Konstruktion stellt gegenüber den älteren Speicheröfen einen bemerkenswerten Fortschritt dar.

Der elektrische Wärmespeicherofen wird nachts in 8 Stunden mit einem Stromverbrauch von 3—5 kW bei geschlossener Luftklappe aufgeladen. Zum Beginn der Raumheizung wird der Ofen abgeschaltet und die Luftklappe geöffnet; die Luft streicht von unten durch den Kanal über die Speichermasse erwärmt sich und strömt durch den mit Luftschlitzen versehenen Deckel des Ofens in den Raum. Sobald die gewünschte Raumtemperatur erreicht ist, kann durch Verstellen der Luftklappe die Wärmeabgabe des Speicherofens gedrosselt und beim Verlassen des Zimmers durch vollständiges Schließen der Klappe ganz unterbunden werden. Infolge der ausgezeichneten Wärmeisolation sind Wärmeverluste der Speichermasse praktisch unmöglich, und die aufgespeicherte Wärme kann je nach Bedarf entnommen werden.

Wo besonders günstige Strompreise auch einen Betrieb tagsüber gestatten, kann der Ofen zur direkten Beheizung benutzt werden. Die Luftklappe wird gleichzeitig mit dem Einschalten des Stromes geöffnet und die in der Heizeinrichtung erzeugte Wärme geht von den eisernen Heizrippen unmittelbar in den aufsteigenden kalten Luftstrom über. Statt des doppelten Blechmantels können mit Rücksicht auf eine bessere Raumwirkung auch keramische Massen (Kacheln) verwendet werden (Z 10297).

Die Raumheizung mit elektrischen Wärmespeicheröfen ist hygienisch einwandfrei und gefahrlos; Explosionen, Vergiftungen durch Abgase, Rauch- und Staubentwicklung sind ausgeschlossen. Sie ist sauber und bequem, lästige und mühsame Bedienungsarbeiten fallen vollkommen fort; ihr Betrieb ist sparsam und den Bedürfnissen leicht anzupassen.

Elektrische Wärmespeicheröfen sind ein geeignetes Mittel, eine gleichmäßige Belastung auch des Nachtbetriebes der Elektrizitätswerke zu erreichen und durch die so gesteigerte Wirtschaftlichkeit eine wesentliche Herabsetzung des Strompreises zu erzielen, die es auch minderbemittelten Bevölkerungsschichten ermöglicht, die Vorteile des elektrischen Heizens zu genießen.

SEG 1925 | Elektr. Wärmespeicher Kachelofen in der Diele | Z 10297

Sonderdruck-Bestell-Nr. 2524 der SSW, Literarisches Bureau.

Elfa - Automat.

Mitteilung der AEG.

Der Elfa-Automat (Bild 1), „ein Installations-Selbstschalter" in Stöpselform, schützt elektrische Leitungsanlagen und Anschlußapparate vor Schäden bei Überlastung und Kurzschluß durch Unterbrechung des zugeleiteten Stromes, wenn die vom Netz entnommene Stromstärke über ein bestimmtes Maß angestiegen ist. Jede Überlastung und jeder Kurzschluß wird unbedingt zuverlässig ohne schädliche oder gefährliche Unterbrechungslichtbögen abgeschaltet. Die Wiedereinschaltung kann nur nach Herausschrauben des Elfa-Automaten aus dem Sicherungselement, also niemals unter Spannung oder Kurzschluß erfolgen. Die Handhabung ist bequem und absolut gefahrlos. Die Elfa-Automaten besitzen Unverwechselbarkeit nach dem Durchmesser-System für zweiteilige Sicherungen, eine Übersicherung der Anlage ist also ausgeschlossen.

Bild 1. Elfa-Automat für 15 A, Neukonstruktion

Zeit in Sekunden

A = Kurve einer Sicherung, z. B. für 25 A Nennstrom.
B = Kurve einer Sicherung, z. B. für 15 A Nennstrom.
C = Kurve eines Automaten, z. B. für 15 A Nennstrom.

Bild 2. Stromzeitkurve.

Die Elfa-Automaten sind in jüngster Zeit weiter entwickelt worden, und zwar durch Anbringung einer thermischen Verzögerungsvorrichtung; diese fängt Stromstöße, die beim Einschalten in Stromkreisen besonderer Art auftreten, ab und verhindert eine sofortige Ausschaltung. Die Stromstöße treten besonders dann auf, wenn in den zu sichernden Stromkreisen hochkerzige Metalldrahtlampen oder Motoren vorhanden sind. Wenn auch derartige Stromstöße im allgemeinen kurzzeitig sind, dauern diese aber immerhin so lange, daß ein einfacher Selbstschalter zur Auslösung kommt. Mit Hilfe der thermischen Verzögerungsvorrichtung wird die Wirkung der Einschaltstromspitze auf den Auslösemechanismus derartiger Automaten abgefangen. Jede andere Auslösestromstärke bewirkt durch Erwärmung des thermischen Hilfsorganes eine Schwächung der diesem Organ innewohnenden Gegenkraft zur Magnetbewegung, die ihrerseits den Auslösemechanismus betätigt. Der Zeitraum, in dem diese Auslösung erfolgt, ist dabei abhängig von der Höhe der Stromstärke; über eine gewisse Stromstärke hinaus ist der Thermostat nicht mehr imstande, die Wirkung des Elektromagneten aufzuheben, so daß also bei sehr großen Überströmen oder bei Kurzschlüssen eine sofortige (unverzögerte) Auslösung erfolgt.

Elfa-Automaten dieser Art kann eine Eigenschaft gegeben werden, die besonders für Elektromotoren sehr wertvoll ist, insofern, als die sogenannte Zeitstromkurve (Bild 2) des Elfa-Automaten derart abgestimmt ist, daß die Kurve für große Ströme derjenigen einer Sicherung höheren Nennstromes nahekommt. Bei kleineren Strömen ist die Zeitstromkurve derjenigen einer Sicherung gleichen Nennstromes gleichwertig. Den Fall der Anwendung eines Elfa-Automaten für 15 A stellt die Kurve des Bildes 2 dar: sie zeigt, daß für langdauernde Überlastungen Sicherungen von 15 A Nennstrom später ausschalten werden, während bei größeren Stromstößen, die nur kurzzeitig wirken, wie dies z. B. beim Einschalten von Metalldrahtlampen und Kurzschlußmotoren der Fall ist, der Elfa-Automat die Trägheit einer 25 A-Sicherung aufweist. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß das sogenannte Übersichern von Motorstromkreisen unterbleibt. Die Übersicherung, d. h. das Absichern des Stromkreises mit Sicherungen solcher Stärke, die beim Anlauf eines Motors nicht mehr abschmelzen, wird dadurch hinfällig, so daß der Motor bei einer dauernden Überlastung durch einen solchen Automaten wirklich geschützt wird. Bei Gleichstrom bis 250 V genügt 1 Automat, während für Drehstrom bis 380 V 2 Automaten anzuwenden sind.

Bild 3. Elfa-Automat. (Elektrische und mechanische Teile.)

Im Vergleich zu anderen Automaten mit Verzögerungsvorrichtung hat der Elfa-Automat wesentliche Vorzüge:

- Der Elfa-Automat ist kurzschlußsicher. Die Abschaltung erfolgt so schnell, daß vor dem Schalter liegende Überstromschutzeinrichtungen, z. B. Hausanschluß-Sicherungen, nicht ansprechen.
- Der Elfa-Automat entspricht den Leitsätzen zur Prüfung von Installations-Selbstschaltern.
- Die thermische Verzögerung des Elfa-Automaten ist so ausgebildet, daß Wiedereinschaltung auch ohne Abkühlung möglich ist.

Der sich hieraus ergebende Vorteil der Elfa-Automaten vor anderen Konstruktionen ist von besonderer Bedeutung, weil die Wiedereinschaltung bei anderen Automaten erst nach längerer Zeit erfolgen kann, auch wenn der übermäßige Stromverbrauch oder Kurzschluß nicht mehr besteht.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

ABDAMPF-AUSNUTZUNG
ABGAS-AUSNUTZUNG
für Heizung und Trocknung
Bezirksvertreter gesucht!
Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G.m.b.H. „ABAS“, Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER
„BÜHRING“ / D.R.P.
mit Ölrückgewinnung
Preßluft-Entöler D.R.P.
Entöler
Gegenstrom-Vorwärmer
Vorwärmer, Öl- u. Luftkühler
Bühring A.-G.
Landsberg Bez. Halle
Maschinenfabrik, Kesselschmiede, Apparatebau

ABDAMPF-ENTÖLER
Rückleiter, Vorwärmer
Herweg Aktiengesellschaft für Armaturen- und Apparatebau
Düsseldorf Postfach 100

ABDAMPF-ENTÖLER
nach dem Zentrifugen-Prinzip
R. Scheibe & Söhne G.m.b.H.
Leipzig, Hohestr. 15

ABWÄRME-VERWERTUNG
Fritz Knappstein, Essen
Zweiggeschäft Dortmund

ANSTRICHSTOFFE
jeder Art: Lacke, Lackfarben, Rostschutzfarben
Chemische Lackfabriken Gustav Ruth, Akt.-Ges.
Wandsbek bei Hamburg

APPARATEBAU
Extraktionsapparate
Verdampfer
Destillierapparate
Birnbaum & Wahrendorf
Hamburg 15

ARMATUREN
für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- und sonstige Rohrleitungen
Seit 50 Jahren bewährt
Bopp & Reuther
Mannheim-Waldhof

ARMATUREN
Sonderheiten: Staufferbüchsen, Dochtöler, Federdruckbüchsen, Tropföler usw. Kleinöler für Fahrräder, Automobile usw. Helmöler, Drehöler, Klappöler, Trichterformöler, Stahl- u. Kugelöler
Wilhelm Lahr & Co.
Metallwarenfabrik
Zuffenhausen-Stuttgart

AUFZÜGE
MSN
AUFZUGSWERKE M. SCHMITT & SOHN
GEGR. 1861
STAMMWERK NÜRNBERG
WERK MÜNCHEN UND ESSEN

AUFZÜGE
DEMAG
bekannt als Demagzüge
1/4 bis 5 t Tragkraft
Lager im In- u. Ausland
Demag-Duisburg

AUFZÜGE
sämtlicher Systeme an 30 000 Anlagen geliefert. Paternosteraufzüge, Bahnhofsaufzüge, Speiseaufzüge
Carl Flohr A.-G., Berlin N 4
Maschinenfabrik
ca. 2000 Arbeiter und Beamte
Gegründet 1852

AUFZÜGE
für alle Verwendungszwecke für Lasten und Personen in jeder Betriebsart u. Steuerung
Winden
für Hand- und Kraftbetrieb
Kleindienst & Cie., Augsburg
Maschinenfabrik und Eisengießerei

AUFZÜGE
Elektrische Aufzüge für Personen oder Lasten mit Seil- oder elektrischer Steuerung
Paternosteraufzüge für Personen
Maschinenfabrik
Gustav Ad. Koch
Hamburg 39

AUFZÜGE
AUFZÜGE
für Personen und Lasten
Paternosterwerke
Krane
Verladeanlagen
Hängebahnen
Losenhausenwerk
Düsseldorf-Grafenberg
Gegründet 1880

AUFZÜGE
Original-Dreistern-Aufzüge MME
Jederzeit Prüfbereit
Unerreicht an Sicherheit
Maschinenfabrik MÜHLEISSEN
Elberfeld-Sonb.

AUFZÜGE, KRANE
Industrie-Aufzüge
Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge
Maschinenfabrik Wiesbaden

AUFZÜGE
Aufzüge
FR. SCHÜLE & CO
AUFZÜGEFABRIK
FELDKIRCHEN B/MÜNCHEN

AUFZÜGE
für Personen und Lasten in jeder Betriebsart und Größe
Kleinaufzüge
für Akten, Speisen usw.
Eisenkonstruktionen.
K. Martin Seifert, Magdeburg-W.

Personen- u. Lasten-
AUFZÜGE
Paternoster
Schnelläufer-Seilzüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE
in Sonderheit Lastenaufzüge mit und ohne Führerbegleitung für Zechen, Fabriken, Lagerhäuser, jeder Betriebsart, Tragkraft und Größe
Windscheid & Wendel
Eisengießerei und Maschinenfabrik
Düsseldorf-O.

AUFZÜGE
Industrie-Aufzüge
A. Stotz A.-G., Stuttgart
Postfach 215

AUTOWERKZEUGE
F.D. Weltmarke
Paul F. Dick, Esslingen a N.
Stahlwaren- und Werkzeugfabrik.

B

BANDSTAHL
für alle Verwendungszwecke
Federstahl-Industrie
Erich Loewe, G.m.b.H., Berlin C 19

BEAGID u. BEAGID-SCHWEISSAPPARATE
Dr. Alexander Wacker
Gesellschaft für elektrochemische Industrie GmbH
Lechbruck (Bayern)

BENZIN-SICHERHEITS-TANKANLAGEN
Benzin-Sicherheits-Tankwagen
Maschinenfabrik Arthur Vondran
Halle a. S., Königstr. 58
Telefon: 1131, 6310

BIMSDÄCHER
aus Bimskassetten- u. Stegdielen
Bimsbaustoffindustrie
Fabrik Wesel (Rh.)

BRUNNENBAU
(Rohrfilterbrunnen)
Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D

BANNING-
DAMPFHÄMMER
D. R. P.
mit Sparsteuerung, in modernster Ausführung
Mehrere tausend Ausführungen!
J. Banning A.-G., Hamm (Westf.)

KREUSER-
DAMPFHÄMMER
D. R. P.
mit Selbststeuerung oder Handventilsteuerung in ein- u. zweiständriger Ausführung für Reck- und Gesenkarbeiten
Adolf Kreuser G. m. b. H.
Hamm (Westf.)
Werkstattausführg.: Wagner & Co., Werkzeugmaschinenfabrik m. b. H., Dortmund.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

DAMPFMESSER
Wassermesser, Preßluftmesser, Gasmesser
mit u. ohne Schreib- u. Zählwerk; mit u. ohne autom. Druckberichtig.
Dr. Martin Böhme
vormals Gehre-Dampfmesser-Gesellschaft, Berlin W 50

DAMPFMESSER
Reuther-Dampfuhr
Kesselspeisewassermesser. Preßluftmesser.
Venturi-Registrierapparate D.R.P
Druckschrift: Betriebskontrolle in Dampfkesselanlagen gratis
Bopp & Reuther
Mannheim-Waldhof

IDEAL-
DAMPFMESSER
mit Drosselflansch.
Claassen-Dampfmesser mit autom. Druckberücksichtigung oder Zählwerk.
Ernst Claassen & Co.
Berlin-Groß-Lichterfelde-Ost.

DAMPFMESSER
Gasmesser Luftmesser
anzeigend registrierend zählend
Siemens & Halske, Wernerwerk
Berlin-Siemensstadt

STABE-
DAMPFMESSER
Preßluft- und Wassermesser
anzeigend und registrierend mit automatisch. Druckberücksichtigung
Stabe-Dampfmesser D.R.P. 365 328
In Hunderten von Ausführungen geliefert für Dampfmaschinen, Dampfhämmer, Walzenzugmaschinen, Fördermaschinen u. dergl.
Man verlange Referenzenliste R 24
Feodor Stabe Apparatebauanstalt
Berlin SO 26

PONDO-
DAMPFMESSER
mit automatischer Druckberücksichtigung D.R.P.
Dampfzähler, Dampfuhren
Niederdruckdampfmesser
Otto Wagner
Volumenmeßapparate
Berlin-Lankwitz 3

DAMPFTROCKNER
„ORCA" / D. R. P.
Dampfreiniger Entwässerer
erzeugt völlig reinen schlammfreien trockenen Dampf
Kohlenersparnis bis 15 %
BühringA.-G.Landsberg(Bz.Halle)
Maschinenfabrik . Kesselschmiede Apparatebau

DICHTUNGSKITT
MANGANESIT
SICHERSTE. BEQUEMSTE. BILLIGSTE. WIDERSTANDSFÄHIGSTE DICHTUNG
FÜR DAMPF, WASSER, GAS ETC.
Seit 35 Jahren bestens bewährt. In jedem techn. Geschäft zu haben
Manganesitwerke G. m. b. H.
Hamburg 35

DIESELMOTORE
und alle anderen Kraftanlagen in allen Stärken stets sofort lieferbar. Neu od. gebraucht. Konkurrenzlos. Demontage. Transport. Montage im In- u. Ausland. Ia Referenzen.
Hans G. Nissen, Berlin SW 68

DRAHTSEILE
für alle Zwecke
J. & W. Vornbäumen
Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Jburg i. Hannover

E
EIS- UND KÜHLANLAGEN
Gerlach-Werke Akt.-Ges.
Nordhausen L. [Harz]

ELEKTROMOTOREN
Gleichstrom, Wechselstrom, Drehstrom bis 125 PS sowie Sonderausführungen
ZIEGLERWERK
Wilh. Ziegler
Maschinenfabrik u. Eisengießerei
Frankfurt a. M.-Rödelheim

DEMAG
ELEKTROZÜGE
Bauart Demag
$^1/_4$ bis 5 t Tragkraft
Lager im In- u. Ausland
Demag-Duisburg

ENTLÜFTER
Glasdächer System Braband
August Braband, Hamburg 33
Bramfelder Straße 10a

F
FABRIK-BEDARFSARTIKEL
Sonderheiten:
Riemenverbinder aller Systeme, Riemenspanner, Riemenlocher, Schraubenschlüssel, gestanzt u. geschmiedet. Schraubstöcke, Tisch-Schnellbohrmaschinen, Metallsägeblätter usw.
Wilhelm Lahr & Co.
Metallwarenfabrik
Zuffenhausen-Stuttgart

FEDER-STAHLDRÄHTE
und Federbandstähle für alle Verwendungszwecke
Federstahl-Industrie
Erich Loewe, G.m.b.H., Berlin C 19

FEILEN u. RASPELN
F.D. aller Art
Friedr. Dick G. m. b. H.
Feilenfabrik
Esslingen a. N Personal 1500

FEILEN
aller Art
in anerkannt bewährter Güte und Ausführung, auch Nadel- und Präzisionsfeilen
Robel & Co., München S 50
Feilen-, Sägen- u. Maschinen-Fabrik
Thalkirchnerstr. 210—222

FETT
Amerikanisches Kent - Fett
für alle Maschinen, Autos usw.
Schmelzpunkt 180° C
98 vH Fettgehalt
Generalvertretung für Deutschland
Arno Kehrberg, Berlin W 62
Kleiststraße 40 Tel.: Kurfürst 986

FILZ
für alle Zwecke, Schleif- u. Polierfilze, Tafelfilze, Filzringe, Filzstreifen, Filzmassenartikel. Filztrichter, Filzscheiben jeder Art, Filzsitzauflagen, Schreibmaschinenunterlagen Ziegelei - Filzröhren, impr. Unterlagsfilze, Lichtpausfilze, Filtrierfilze, Filze für technische und gewerbliche Zwecke.
Gustav Neumann, Filzfabrik
Braunschweig 58
Gegründet 1874

FLANSCHEN
aller Art
Bernhard Weißhand, Magdeburg

G
Elektrische
GESTEINBOHRMASCH.
Maschinenfabrik Otto Püschel
Berlin-Lichterfelde-West

GIESSPFANNEN
in allen Größen
C. Senssenbrenner G. m. b. H.
Maschinenfabrik
Düsseldorf Obercassel C 14

H
DEMAG
HEBEZEUGE
Laufkrane, Dampfkrane, Hafenkrane, Demagzüge. Einschienenkatzen baut
Demag-Duisburg

HEIZUNGSANLAGEN
aller Systeme
Fritz Knappstein, Essen
Zweiggeschäft Dortmund

HOLZ-BEARBEITUNGS- UND SÄGEWERKS-MASCHINEN
ERFORDIA
Maschinenbau-Aktiengesellschaft, Erfurt

HYDRAULISCHE PRESSEN
Steuerungen, Akkumulatoren Preßpumpen, für alle Verwendungszwecke, in neuester erstklassiger Ausführung
J. Banning A.-G., Hamm (Westf.)

I
ISOLIERKAPPEN
(Dauer-Isolierkappen „GEHOLIT")
D.R.G.M. D.R.W.-Z.
neueste verbesserte Ausführung für Flanschen, Ventile, Stirnwände, Mannlöcher usw.
Unerreichtes Fabrikat
Gebrüder Horne, Höchst a. M.

ISOLIERMATERIALIEN
für Wärme- und Kälteschutz
insbesondere:
Kieselguhr-Wärmeschutzmassen für alle Dampftemperaturen
Korksteinplatten u. -Schalen
gebrannte Kieselguhrsteine, -Platten und -Schalen Marke AHA
Isolierschnüre
A. Haacke & Co.
Celle (Provinz Hannover)

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

SCHNITTE u. STANZEN
Werkzeuge für Metalle, Pappe und Papier.
Stanzerei
Müller & Korte, Berlin-Pankow
Berliner Str. 69a, a. d. Schönhaus. Allee

SCHORNSTEIN- UND FEUERUNGSBAU
H. R. Heinicke
Chemnitz, Wilhelmplatz 7
Berlin-Heinersdorf, Kaiser Wilhelm Str. 73/74
Breslau 13, Kais. Wilh. Str. 70
Düsseldorf, Kais. Wilh. Str. 8
Hannover, Jungfernplan 10
Mannheim-Feudenheim
München, Tengstr. 38
Wien VIII, Neubaugürtel 4
Erbauer der Hohen Esse b. Freiberg

SPÄNEABSAUGUNGS-ANLAGEN
Winkelsträter & Sure
Barmen-Wichlinghausen, Rhld.
30jährige Erfahrung

SPANNROLLEN
ab Vorrat

EWW

EISENWERK WÜLFEL
Hannover-Wülfel

SPRITZGUSS
Alfred Ransmayer
Berlin SO 16
Cöpenicker Straße 113

TASCHEN-RECHENSCHIEBER
Syst. Dr.-ing. Seehase
dünn biegsam! 10 gr.
→ 1,60 Mk. ←
D.R.P. 145 mm lang neu!
Schrauben- u. Schriftschablonen
Prospekte kostenlos

A. Seehase, Berlin SO 33
Eisenstraße 1

TECHNISCHE FILZE
liefern billigst
Carl Günther & Co.
Fabrik technischer Filzwaren
Berlin NO 43, Neue Königstr. 71
Kostenanschläge und Muster frei

TEMPERATURMESSER
anzeigend registrierend
Widerstands-Thermoelektr.
Fernthermometer, Pyrometer,
Ardometer, Glühfadenpyrometer.
Siemens & Halske, Wernerwerk
Berlin-Siemensstadt

TEMPERATURREGLER
für Dampf, Gas, Warmluft, W. Wasser und Druckregler
Ges. f. selbsttätige Temperaturregelung G. m. b. H., Berlin NO 55
Raabe-Straße 12.

THERMOMETER
Fabrik JCE Zeichen
Quecksilber-
Feder-Thermometer,
Pyrometer,
Glasthermometer,
Manometer,
Vacuummeter,
Zugmesser
J. C. Eckardt A.-G.
Stuttgart-Cannstatt

TRANSPORTANLAGEN
DEMAG
Wagenkipper, Verladebrücken Spille, Drehscheiben und Schiebebühnen baut
Demag-Duisburg

TRANSPORTANLAGEN
A. Stotz A.-G., Stuttgart
Postfach 215

TRANSPORTGERÄTE
jeglicher Art
„SCHILDKRÖTE"
HUBTRANSPORTSYSTEM
Ernst Wagner Apparatebau
Reutlingen

TREIBRIEMEN
Luckhaus Original-Riemen
für die schwierigsten Triebe.
Eigene Gerbereien.
Ernst Luckhaus A.-G.
Abteilung: Riemenfabrik
Duisburg, Postfach 143

TRIEBWERKE
BAMAG-TRIEBWERKE
Berlin-Anhaltische Maschinenbau-A.-G., Dessau
Zweigniederlassung der Bamag-Meguin-A.-G.

VENTILATOREN
V
Winkelsträter & Sure
Barmen-Wichlinghausen, Rhld.
30jährige Erfahrung

VORWÄRMER
F. Mattick
Dresden 24c, Münchener Straße 30
Maschinenfabrik und Eisengießerei
in Pulsnitz i. Sa.

WAAGEN
W
Gleis-, Fuhrwerks-, Kran- und Laufgewichtswaagen.
Anfertigung von Waagen aller Art
Anhaltische Waagenfabrik
Friedr. Otto Müller, Bernburg 1

WAAGEN
Eisenbahn-Gleiswaagen
Waagen für Fuhrwerke und Lastauto, Laufgewichts- u. Dezimalwaagen jeder Art und Größe
August Böhmer & Co.
Magdeburg, Königsborner Str. 16

WAAGEN
Gleis-Waagen, Fuhrwerks-Waagen, Kran-Waagen, Laufgewichts-Waagen aller Art
Fröde & Brümmer, G. m. b. H., Siegmar i. Sa.

WAAGEN
TACHO SCHNELLWAAGE
TACHO-KONTROLL- UND ALLGEMEINE INDUSTRIE-SCHNELLWAAGEN
Schnellwaagenfabrik G. m. b. H.
Großenbaum Kr. Düsseldorf

WÄSCHEREIANLAGEN UND EINRICHTUNGEN
Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

WASCHERHORDEN u. REINIGERHORDEN
RAK
Rhein. Apparate- u. Kühlwerksbau G. m. b. H.
Mülheim-Ruhr

WASSERMESSER
Dampfmesser, Preßluftmesser, Gasmesser
mit und ohne Schreib- u. Zählwerk; mit u. ohne autom. Druckberichtig.
Dr. Martin Böhme
vormals Gehre-Dampfmesser-Gesellschaft, Berlin W 50

WASSERMESSER
Flügelrad Optima D. R. P.
Volumen-, Woltmann-, Venturi-messer mit elektr. und hydr. Registrier-Apparaten D. R. P.
Bopp & Reuther
Mannheim-Waldhof

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

WASSERMESSER

Fabrik- JCE -Zeichen

Kessel-Speisewassermesser
Flüssigkeitsmesser, Venturi-Messer
Dampfmesser, Luftmengenmesser
J. C. Eckardt AG.
Stuttgart-Cannstatt

WASSERMESSER

für alle Betriebsverhältnisse und alle Verwendungszwecke

Hydrometer A.-G., Breslau III

WASSERMESSER

anzeigend registrierend

Flügelrad-Wassermesser, Scheiben-Wassermesser, Woltmann-Wassermesser, Venturi-Wassermesser.
Siemens & Halske, Wernerwerk
Berlin-Siemensstadt

WASSERREINIGUNG

Schnellfilter
Patente Bollmann
Bollmann-Filter-Gesellschaft m. b. H
Hamburg 1B

WASSERREINIGUNG

-Filterung, -Klärung, -Enthärtung, -Entkeimung, -Entgasung, -Enteisenung, -Entsäuerung, -Entmanganung

Paul Martiny & Co., Dresden A 55

WASSERREINIGUNGS-ANLAGEN

Enteisenung Filtration
Halvor Breda A.-G., Charlottenbg. 2

WASSER-TURBINEN

für alle Gefälle und Wassermengen

Öldruck-Regulatoren
für Geschwindigkeit u. Wasserstand

„MAG" Maschinenfabrik Akt.-Ges.
Geislingen-Steige 72D (Württ.)

WASSERREINIGUNG

Kesselspeisewasserreinigung D.R.P.

Enthärtung bis unter 1 Härtegrad, ohne schädliche Alkaliüberschüsse in den Dampfkesseln zu erzeugen.

Kühlwasserreinigung garantiert reine Kühlflächen.

Enteisenung und Entmanganung von Trinkwasser
Garantie für absolute Enteisenung und Entmanganung.

Kondensatentölung
Garantie für absolut ölfreies Kondensat.

Enthärtung und Filtration von Fabrikationswasser.

Entkarbonisierung von Brauwasser.

Wasserreinigungsbau-Ges.m.b.H.
Breslau 7.

WEICHGUSS-FITTINGS

G-W-H

mit und ohne Rand.
Schwarz und bestens feuerverzinkt
Gußstahlwerk Wittmann Akt.-Ges.
Haspe i. Wf.

WINDEN

Rangier- u. Schrägaufzugswinden mit Fernsteuerung

Maschinenfabrik H. Thieme
Magdeburg

ZAHNRÄDER

jeder Art und Größe

Act.-Ges. Zahnräderfabr. Augsburg
vorm. Joh. Renk
900 Arbeiter 60 000 Modelle

Das Bezugsquellen-Verzeichnis
die Zentralstelle
technischer Angebote

Erscheint wöchentlich
in jeder Nummer

EINE MASCHINE · EINE KOMPLETTE WERKSTÄTTE

NUTEN-HOBELN ÜBER DIE GANZE DREHLÄNGE

KRAUSE & Co

KOMBINIERTE WERKZEUGMASCHINE MODELL UM
IN- U. AUSLANDSPATENTE

GLEICHZEITIG

UNABHÄNGIG

HOBELN ~ DREHEN
BOHREN ~ DREHEN
FRÄSEN ~ DREHEN

EINSCHEIBENANTRIEB ELEKTRISCHER ANTRIEB

C. KUBICEK WIEN

BERLIN, SW. 48 **ERNST KRAUSE u. CO. AG.** WIEN, XX,
KÖLN, BUDAPEST, WARSCHAU, PRAG

Digitized by Google

VORWERK

JSOLIERBAND

VORWERK & SOHN, ABT. GUMMIWERKE
BARMEN 21.

VORWERK ISOLIERBAND Qualitätsware
Rollen garantierter Länge
GARANTIE-MARKE.

FRECHEN-KÖLN

Oefen
für alle Industrien
Schornstein-bauten
Kesseleinbauten
feuerfeste Steinlieferungen

Ooms, Ittner & Cie.
Köln-Rh., Karthäuser Wall 1

Ingenieurbureau
Hermann Marcus, Köln
Inh. M. Lissauer & Cie

Patente im In- und Auslande

Propeller-Rinnen

Mehr als 3000 ausgeführte Anlagen.
Vorteilhafteste Transportvorrichtung für Massengüter.

Schilder
NR. VOLT TYPE KW MP
Teilungen
Zifferblätter
«Qualitätsarbeit»
W. Heidenhain
Metallätzerei
Berlin SW61 · Gitschinerstr. 108

Lest VDI-Bücher und -Zeitschriften

VDI

SPEZIALITÄT:
Kontrollerteile
Schmelzeinsätze
Fingerkontakte
und Segmente

Fritz Wiemann
Elektro-mechan. Werkstätten
DÜSSELDORF
Erkratherstraße 280
Fernspr.-Anschluß 15276

Ventilatoren
Lufterhitzer
für Heizung, Trocknung, Lüftung, Entnebelung, Absaugung und pneumatischen Transport, Unterwind, Saugzug, Rauchgaslufterhitzer, Feuerlufterhitzer

Spezialität seit 1877

Maschinenfabrik Gg. Kiefer
Feuerbach-Stuttgart W 195

Wittig-Kompressoren-Vakuumpumpen
D. R.-Patent, Auslandspatente

mit reiner Drehbewegung, konstantem Luftstrom, ohne Ausgleichgefäß, ohne jegl. Ventil

Einstufig bis 5 Atm. oder 95% Vakuum
Zweistufig bis 15 Atm. oder 99,5% Vakuum
Schon über 2100 Stück geliefert in Ausführungen von 2 bis 1200 cbm Stunden-Luftleistung.

Karl Wittig, Maschinenfabrik, Zell i. W. 2
(Baden)

A. Bezugsbedingungen für Nichtmitglieder des VDI

(Zuschriften und Zahlungen an den Verlag*) erbeten)

Die VDI-Zeitschrift erscheint wöchentlich und wird nur vierteljährig (Ausland ganzjährig) gegen Vorauszahlung abgegeben. Die Bestellung läuft stillschweigend weiter, wenn nicht 4 Wochen vor Quartal- bezw. Jahresschluß eine Abbestellung erfolgt. Die VDI-Zeitschrift kann durch den Verlag und durch den Buchhandel bezogen werden. Ersterer liefert im Inlande durch den Postzeitungsdienst, nach dem Auslande unter Streifband. Beschwerden über unregelmäßige Lieferung sind stets an das zuständige Postamt zu richten. Probehefte werden berechnet.

Bezugspreise: a) **Inland** (einschließlich Danzig, Memel- und Saargebiet) jährlich RM. 40.—, vierteljährlich RM. 10.—, Einzelhefte RM. 1.75 (für Mitglieder RM. 1.50).

b) **Ausland** (ausschließlich Österreich, Luxemburg und Litauen) jährlich RM. 40.— zuzügl. RM. 21.— Portokosten, Einzelhefte wie Inland.

c) **Österreich, Luxemburg** und **Litauen** jährlich RM. 40.— zuzügl. RM. 10.60 Portokosten, vierteljährlich RM. 10.— zuzügl. RM. 2.65 Portokosten, Einzelhefte wie Inland.
(Zahlungen aus Österreich können auf das Postsparkassenkonto Wien 18378 unseres Vertreters Herrn R. T. Süss, Wien I, Seilerstätte 16, überwiesen werden.)

B. Bezugsbedingungen für Mitglieder des VDI

(Zuschriften und Zahlungen an den Verein**) erbeten)

Die Bezugsgebühr für die VDI-Zeitschrift ist in dem Mitgliedbeitrag eingeschlossen. Er beträgt für 1926:
a) Inland: RM. 30.—, b) Ausland: RM. 37.50 einschließlich Portoanteil.
Für diesen Beitrag werden außerdem die VDI-Nachrichten kostenlos geliefert.
Beitragszahlungen sind nur an den **Verein** zu richten. Die Lieferung wird erst nach Entrichtung des Beitrages aufgenommen, der satzungsgemäß vor Beginn jedes neuen Vereinsjahres zu entrichten ist.
Bestellungen auf **Einzelhefte** sind an den **Verlag***) zu richten. (Einzelheftpreis für Mitglieder RM. 1,50 zuzüglich Porto.)

C. Anzeigenpreise

(Zuschriften und Zahlungen an den Verlag*) erbeten)

1/1	1/2	1/4	1/8	1/16 Seite	Nachlaß: bei	6	13	26	52 Aufnahmen innerhalb Jahresfrist
430.—	230.	120.—	65.—	35.— RM		5	10	20	30 vH

Eintragungen im Bezugsquellen-Nachweis werden mit RM. 0.72 für die einspaltige Millimeterhöhe berechnet.
Kleine Anzeigen werden mit RM. 0.36 je mm Höhe der 27 mm breiten Spalte berechnet, Stellengesuche für Mitglieder mit RM. 0.27, für Nichtmitglieder mit RM. 0.32 je mm Höhe.
Annahmeschluß für allgemeine Anzeigen Mittwoch in der Woche vor Erscheinen; für kleine Anzeigen Montag früh in der Erscheinungswoche.
Der Verlag behält sich vor, die Aufnahme von Anzeigen und Beilagen ohne Angabe von Gründen abzulehnen und laufende Aufträge einzustellen. Im übrigen gelten die Bedingungen der Arbeitsgemeinschaft technisch-wissenschaftlicher Zeitschriftenverleger ATZ, der folgende Verleger angehören: VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin, Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Verlag Glückauf m. b. H., Essen.
Erfüllungsort: Berlin-Mitte

*) **VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7.**
Fernsprecher: Merkur 3126. 3127, 4483, 4484, 5460, 6104, 6171, 7454.
Postscheckkonto: Berlin 102373. Drahtanschrift: Ingenieurverlag.
Bankkonto: Dresdner Bank, Dep.-Kasse F, Spittelmarkt.
Geschäftszeit: Sommer: 7 bis 4¾ Uhr, Winter: 8 bis 5¾ Uhr, Sonnabends bis 1 Uhr.

) **Verein deutscher Ingenieure Berlin NW 7, Ingenieurhaus.
Fernsprecher: Zentrum 152 05 bis 152 12, 155 40.
Postscheckkonto: Berlin 6535. Drahtanschrift: Ingenieurverein.
Bankkonto: Deutsche Bank, Dep.-Ka[illegible] Mauerstraße
Geschäftszeit: 7¾ bis 4½ Uhr, Sonnabends bis 1 Uhr.

Der Stellen-Eildienst ist anerkannt **das einzige Organ, welches für Ingenieure** jeder Fachrichtung **alle Stellenangebote** für das In- u. Ausland welche in den wichtigsten Tages- und Fachzeitungen erscheinen **2mal wöchentl. veröffentlicht.**

Herausgeber:
Zentralstellennachweis für naturwissenschaftlich-technische Akademiker, Abteilung Berlin.
Zu beziehen gegen Voreinsendung der Gebühren durch: **Oberingenieur C. Bungart, Berlin NW 87, Tile-Wardenbergstr. 27**
Postscheckkonto Berlin 81096.
Bezugspreis M 10.— monatlich, Vorzugspreis für VDI-Mitglieder herabgesetzt auf monatlich M. 7.— (05163a)

Wir suchen für unser Waggonbau-Konstruktionsbüro
2-3 selbständige, tüchtige KONSTRUKTEURE
wenigstens mit abgeschlossener Fachschulbildung.
Angebote sind zu richten an die Grazer Waggon- und Maschinen-Fabriks-Aktiengesellschaft vormals Joh. Weitzer, Graz. (05102)

Als **Betriebsdirektor**
für unsere
Metallgießerei und Armaturenfabrik
(Wasserarmaturen) Ingenieur mit Spezialkenntnissen gesucht. Gefl. schriftliche Ang. erb. m. Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen unter Aufgabe von Referenzen an den Vors. und Aufsichtsrats, Herrn Ernst Neuberg, Berlin W 62, Keithstr. 10. Strengste Diskretion zugesichert! (05162)
Hugo Hartmann A.-G., Berlin-Neukölln

Große süddeutsche Herdfabrik
sucht durchaus erfahrenen
FACHMANN
als Betriebsleiter.
Nur Herren mit langjährigen erfolgreichen Erfahrungen in der Herstellung von Gas- und Kohlenherden sowie Kenntnis aller Neuerungen, die für Anfertigung von Haushaltungsherden allererster Qualität in Frage kommen, wollen sich melden unter Chiffre J. K. 333 an DEMA Deutsche Anzeigen-Gesellschaft m. b. H., Mannheim. (05158)

---

* Nobelpreiswürdig *
Weltlichttheorie
v. * A. Patschke * Berl.-Wilmersdorf *1$* Löst d. Naturkraftprobleme. Lösung d. Welträtsel 2$ * Elektromechanik 3$ * Umsturz: Einstein-R. 1$ * Vorträge: 50—250 $ *

Mehrere
Flugzeugkonstrukteure
per sofort bzw. 1. Januar gesucht. Angebote mit Lichtbild, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen und kurzem Lebenslauf sind unter Postschließfach 26 Warnemünde einzusenden. Rücksendung der Bewerbungsanlagen wird zugesichert. (05139)

Jüngerer Betriebs-Ingenieur
mit Erfahrungen in der Mechanisierung des Transportwesens von Spinnereien und Webereien (Bandtransport) von einer großen Textil-Fabriksgruppe zum baldigen Eintritt gesucht. Angebote mit Gehaltsansprüchen, Lebenslauf und frühestem Eintrittstermin erbeten unter Rs. 1881 4011/G. 2029 an den Verlag d. Zeitschrift. (05106)

Großer
Perplex-Ratgeber
für Stellungsuchende
Preis 3,90 M. per Nachn.
Wilhelm Streits
Berlin 202, Pasteurstr. 16

Apparatebau-Firma in Mitteldeutschland sucht für sofort oder später tüchtigen
BETRIEBS-INGENIEUR
Bedingungen: Gründliche praktische Erfahrungen in der Präzisions-Massenfabrikation unter Anwendung einer modernen Betriebs-Organisation, selbständiges Arbeiten, konstruktive Fähigkeiten für Normung und Typisierung.
Angebote unter P. 2081 an den Verlag dieser Zeitschrift. (051

Stellen-Ausschreibung
Die Stelle des Direktors des städt. Wasserwerkes in Graz kommt zur Neubesetzung. Bewerber um diese Stelle müssen entweder die II. Staatsprüfung an der Bau-Ingenieur-Schule einer österreichischen technischen Hochschule mit Erfolg abgelegt haben oder das Diplom-Ingenieur-Zeugnis einer ausländischen technischen Hochschule erbringen. Da mit dieser Stelle nicht nur die Obliegenheit zur technischen Leitung des Betriebes, sondern auch dessen kommerzielle Führung verknüpft ist, müssen die Bewerber schon in ähnlicher leitender Stellung tätig gewesen sein. Die Stelle wird als Vertragsbeamten-Stelle besetzt und unterliegt den Bestimmungen des österreichischen Angestelltengesetzes vom 11 Mai 1921, B. G. Bl. Nr. 292, über den Dienstvertrag der Privatangestellten. Die Bewerber haben ihre Gehaltsansprüche bekanntzugeben. Die Bewerbung um die Stelle ist offen sowohl für Österreicher, als für Ausländer, deutsche Nationalität vorausgesetzt. (05142)
Nähere Auskünfte erteilt der Stadtrat Graz, Abteilung III, an welchen auch die Gesuche zu adressieren sind.
Endtermin für die Einreichung ist der 16. Jänner 1926.
Stadtrat Graz, am 10. Dezember 1925.
Der Bürgermeister:
Muchitsch eh.

Größere luxemburgische Konstruktionsfirma sucht für Abteilung Kranbau durchaus selbständigen
Konstrukteur
zum Ausarbeiten von Hafenkranen.
Angebote mit Referenzen zu richten unter F. 2072 an den Verlag dieser Zeitschrift. (05150)

Neueste **Hausklärgrube**
Billigste Bauart
OMS Frischwasser Klär-Grube für Abortanlagen in Fabriken
Deutsche Abwasser-Reinigungs-Ges. m. b. H. Städtereinigung Wiesbaden „OMS"-Haus
Überall Vertreter u. Lagerbestände
Tausende im Betrieb
Keine Bedienung Keine Kanalisation
Städtische und Industrie-Klär-Anlagen
Gasgewinnung
Klärung durch Schlammbelebung

VERSCHIEDENES

Für die dem Andenken unseres Geheimrat

Dr. Georg Klingenberg

gewidmeten Ehrungen sagen wir tiefempfundenen Dank.

Aufsichtsrat und Vorstand der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft

(c. 2548)

Dieser Nummer liegen Prospekte der folgenden Firmen bei:
K. & Th. Möller G. m. b. H., Brackwede i. Westf. — VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin SW 19

V D I - Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19, Beuthstr. 7. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Peter Valerius, Berlin NW 52
Druckpapier von Ernst A. Geese, Berlin SW 68. Druck von H. S. Hermann & Co., Berlin SW 19.